F 3835

ISSN 0395—7217

Avril 1988
Trimestriel

fascicule 1

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

BIBL. DU MUSEUM PARIS

Tome 19

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

(reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976)

Bureau pour l'année 1988 :

Président : P. OZENDA, Botanique et Biologie végétale, Université de Grenoble, B.P. 68, 38402, Saint-Martin-d'Hères Cédex.

Vice-Présidents : F. RAMADE, Laboratoire de Zoologie, Université Paris-Sud, Bât. 442, 91405 Orsay Cédex.

G. BELLAN, Station Marine d'Endoume, CNRS, rue Batterie des Lions, Marseille.

Présidents honoraires : G. LEMÉE, P. GRISON, J.A. RIOUX, Cl. DELAMARE-DEBOUTEVILLE, P. PESSON, G. RICOU, M. LAMOTTE.

Secrétaire Général : P. BLANDIN, Département de Biologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cédex 05.

Secrétaire Générale adjoint : Mme C. JEANSON, Laboratoire d'Écologie Générale, Muséum National d'Histoire Naturelle, 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy.

Trésorier : F. de BEAUFORT, Secrétariat Faune-Flore, Muséum National d'Histoire Naturelle, 57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05.

Trésorier adjoint : H. MAURIN, même adresse.

Bulletin d'Écologie :

Directeur de la Publication : Secrétaire Général

Fabrication du Bulletin : R. DAJOZ, Laboratoire d'Écologie Générale, Muséum National d'Histoire Naturelle, 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy.

Conseil pour l'année 1988 :

BARBAULT, R., Département de Biologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05.

de BEAUFORT, F. (adresse ci-dessus).

BELLAN, G. (adresse ci-dessus).

BLANDIN, P. (adresse ci-dessus).

BOURNAUD, M., Département de Biologie Animale et Écologie, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cédex.

CANCELA DA FONSECA, J., Laboratoire de Biologie végétale et d'Écologie forestière, route de la Tour Dénecourt, 77300 Fontainebleau.

CARBIENER, R., Botanique et Cryptogamie, UER des Sciences Pharmaceutiques, Université Louis Pasteur, B.P. 10, 67048 Strasbourg Cédex.

CORRE, J.J., Laboratoire de Systématique et de Géobotanique méditerranéennes, Institut de Botanique, 163, rue Auguste Broussonnet, 34060 Montpellier Cédex.

DELPECH, R., 1, rue Henriette, 92140 Clamart.

ELKAIM, B., Laboratoire d'Hydrobiologie, Université Pierre et Marie Curie, 12, rue Cuvier, 75005 Paris.

EUZET, L., Laboratoire de Parasitologie Comparée, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier Cedex.

GIRARD, C., Botanique - Écologie Végétale, Institut National Agronomique, 78850 Thiverval-Grignon.

GRENOT, C., Département de Biologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cédex 05.

JEANSON, C., (adresse ci-dessus).

LAGUATERIE, P., Délégation Régionale à l'Architecture et à l'Environnement de Haute-Normandie, Immeuble Blaise Pascal, 22 place Gadeau de Kerville, 76100 Rouen.

LEVIEUX, J., Station de Zoologie Forestière de l'INRA, Ardon, 45160 Olivet.

MAURIN, H., (adresse ci-dessus).

MULLER, S., Botanique et Écologie Végétale, Institut National Agronomique, 16, rue Claude Bernard, 75230 Paris Cedex 05.

OZENDA, P. (adresse ci-dessus).

PAUTOU, G., Botanique et Biologie végétale, Université de Grenoble B.P. 68, 38402 Saint-Martin-d'Hères Cédex.

PERTHUISOT, J.P., Laboratoire de Biogéologie et de Biostratigraphie ; Institut des Sciences de la Nature, Université de Nantes, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes.

RAMADE, F. (adresse ci-dessus).

RAPP, M., CEPE Louis Emberger, route de Mende, B.P. 5051, 34033 Montpellier Cédex.

TESTARD, P., Département de Biologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cédex 05.

TOUFFET, J., Laboratoire d'Écologie Végétale, Complexe Scientifique de Beaulieu, 35042 Rennes Cédex.

TREHEN, P., Station Biologique de Paimpont, 35380 Plélan-le-Grand.

R3835

Avril 1988
Trimestriel

fascicule 1

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ d'ÉCOLOGIE
Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976
SECRÉTARIAT GÉNÉRAL
C/O Secrétariat «Faune Flore»
57, rue Cuvier, 75231 PARIS Cedex 05
Tél. 336.54.32

Tome 19

Bibliothèque Centrale Muséum
3 3001 00041547 0

Avril 1988
Trimestriel

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ d'ÉCOLOGIE
SECRÉTARIAT GÉNÉRAL
C/O Secrétariat «Faune Flore»
57, rue Cuvier, 75231 PARIS Cedex 05
Tél. 336.64.32

Tome 19

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

— *Tome 19 - N°1* — Avril

SOMMAIRE

M.B. BOUCHE, M. RAPP. — Paul LOSSAINT (1926-1987)

G. BESNARD, G. CARLIER. — Le régime hydrique de l'aulne blanc (*Alnus incana* (L.) Moench) dans une forêt riveraine du Haut Rhône 1

P. CONSTANT, P. BONNET, M.C. EYBERT, J. HEDIN. — Importance des zones humides de la dépression briéronne pour l'avifaune aquatique (Loire-Atlantique, France). II. Hivernage et période prénuptiale 13

B. MONTESANTO. — Contribution à l'étude du phytoplancton du lac de Créteil (Val-de-Marne) au cours des années 1981 et 1982. Variations interannuelles 23

P. GILLET. — Structure des peuplements intertidaux d'Annélides Polychètes de l'estuaire du Bou Regreg (Maroc) 33

M.R. DRISS, L. MAHMOUD, L. BAHRI, M.L. BOUGUERRA. — Étude préliminaire de la contamination des oeufs de Faucon pèlerin (*Falco pelegrinus*) et lanier (*Falco biarmicus*) par les produits organochlorés en Tunisie 43

Ph. DREUX, Y. FRENOT, P. JOUVENTIN, L. MASSE, O. VERDIER. — Première mission scientifique à l'Ile des Pingouins (Archipel Crozet) 51

P. TRIPLET, B. ELKAIM, S. PICHARD. — L'utilisation d'enclos pour l'étude des relations interspécifiques en milieu littoral : analyse synthétique, applications 55

Errata 62

Résumés de thèses 63

Analyses d'ouvrages 83

Vie de la Société 89

CONTENTS

M.B. BOUCHE, M. RAPP. — Paul LOSSAINT (1926-1987)

G. BESNARD, G. CARLIER. — Walter economy of white alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) in a riverside forest in the upper Rhône valley (France) 1

P. CONSTANT, P. BONNET, M.C. EYBERT, J. HEDIN. — Ecological interest of the wetlands on the waterbirds in the Briere's slacks (Loire-Atlantique, France). II. Wintering and spring migration 13

B. MONTESANTO. — On seasonal fluctuation of phytoplancton in Creteil lake (France), during two years (1981-1982) 23

P. GILLET. — Structure of intertidal Polychaeta biocenosis from the Bou Regreg estuary (Morocco) 33

M.R. DRISS, L. MAHMOUD, L. BAHRI, M.L. BOUGUERRA. — Preliminary study of Tunisian falcon's eggs contamination by organochlorine compounds 43

Ph. DREUX, Y. FRENOT, P. JOUVENTIN, L. MASSE, O. VERDIER. — First scientific expédition to Penguins Island (Crozet Archipelago) 51

P. TRIPLET, B. ELKAIM, S. PICHARD. — Enclosures using for interspecific relations research in littoral marine : a critically review and its applications 55

Errata 62

Summary of thesis 63

Book reviews 83

Activities of the Society 89

BIBL. DU MUSÉUM PARIS

Paul LOSSAINT (1926-1987)

Paul LOSSAINT, animateur et fondateur du groupe d'écologie du sol, récemment créé dans le cadre de la Société d'Écologie, vient brutalement de nous quitter.

Il débuta sa carrière en 1949 ,sous la direction du Professeur Lemée, au laboratoire de Phytosociologie et Pédologie de Strasbourg. Bénéficiant de l'enseignement ou des conseils de M. Guinochet, A. Demolon, S. Henin, M. Duchaufour, M. Millot et du Professeur Chouard, il fit et soutint une thèse sur la mobilisation du fer des sols sous l'influence de litières forestières (1959). En poursuivant ses travaux de recherches, il assura divers enseignements à Strasbourg et Paris et intervint dès 1961 dans l'enseignement du Certificat d'Ecologie de Montpellier (Prof. L. Emberger).

Il accepta alors la direction de la section d'écopédologie et microbiologie du Centre d'Études Phytosociologiques et Écologiques (CEPE) en cours de constitution (1962).

Il devait alors jouer un grand rôle en écologie du sol, non seulement dans l'activité scientifique de ce centre, mais au niveau national et international, notamment dans le cadre du Programme Biologique International et de la R.C.P. 40. Il participa ainsi aux approches écosystémiques, alors nouvelles, de l'écologie du sol. En conséquence, il attachait beaucoup d'importance à la nécessaire cohésion de cette discipline, ou au moins à la qualité des échanges entre chercheurs y participant.

Co-fondateur et membre du conseil de la société d'écologie (1969) il organisa à Montpellier un colloque de cette société «Écologie du sol, Rapports sols/organismes dans les écosystèmes» en 1973 (Rapport N.S. : Revue Écologie et Biologie du sol, 1975, 12, 1, 1-414) qui reste dans la mémoire de tous les écologues qui ont eu la chance d'y participer. Il put poursuivre cette activité fédératrice dans le cadre d'un réseau «Écologie du sol» créé à la suite de ce colloque par la CNRS (1976-1980) et, très récemment (1985), par la fondation du groupe «Écologie du sol» de la Société d'Écologie.

Auteur ou co-auteur de plus de 50 publications, ayant dirigé de multiples travaux (diplômes et thèses), rédacteur depuis 1966 de Oecologia Plantarum, Paul LOSSAINT en nous quittant laisse un grand vide dans notre communauté.

M.B. BOUCHE et M. RAPP
C.E.P.E. Louis Emberger
Montpellier

Bull. Ecol., t. 19, 1, 1988, p. 1-11

LE RÉGIME HYDRIQUE DE L'AULNE BLANC (*ALNUS INCANA* (L.) MOENCH.) DANS UNE FORÊT RIVERAINE DU HAUT RHÔNE*

par Gilles BESNARD et Georges CARLIER

Laboratoire de Biologie végétale, Université Scientifique, Technologique et Médicale de Grenoble, B.P. 68 — F — 38402 SAINT-MARTIN-D'HÈRES Cedex

MOTS-CLÉS : *Alnus incana* (L.) Moench - Aulne blanc - Potentiel hydrique foliaire - Transpiration - Résistance stomatique à la diffusion de vapeur d'eau - Potentiel hydrique du sol.

RÉSUMÉ
(Travail original)

Les variations diurnes du potentiel hydrique foliaire, de la transpiration et de la résistance stomatique ont été étudiées pendant l'été 1986 sur l'Aulne blanc, en même temps que les conditions microclimatiques et édaphiques du biotope.

La résistance des stomates est indépendante de l'éclairement sauf pour les très faibles valeurs de celui-ci (< 200 µ E.m.$^{-2}$.s^{-1}). Le potentiel hydrique foliaire peut atteindre -1,8 MPa sans qu'aucune régulation stomatique de la transpiration soit observée ; seules l'augmentation de la température et la baisse de l'humidité relative provoquent une légère fermeture des stomates durant la journée. Les résultats s'accordent avec l'hypothèse que la localisation écologique de l'Aulne blanc découle de l'absence de régulation de la transpiration.

KEY-WORDS : *Alnus incana* (L.) Moench. - Leaf water potential - Transpiration - Stomatal resistance to water vapour diffusion - Soil water potential.

SUMMARY
(Original scientific paper)

Water economy of White Alder (Alnus incana (L.) Moench in a riverside forest in the upper Rhône valley (France)

*Diurnal variations of leaf water potential, transpiration and stomatal resistance of **Alnus incana** were studied during the summer 1986, as well as the microclimatic and soil conditions in the biotope.*

*Stomatal resistance is independant from light intensity, except for the very small values of the latter (< 200 µE. m^{-2}.s^{-1}). The leaf water potential can reach -1,8 MPa, without causing a stomatal regulation of the transpiration ; only temperature increase and humidity decrease cause a small diurnal stomatal closure. The results agree with the assumption that ecological localization of **Alnus incana** arises from the lack of transpiration regulation.*

Abréviations :

Ψ_f : potentiel hydrique foliaire
Ψ_s : Potentiel hydrique du sol
RD : résistance stomatique à la diffusion de vapeur d'eau
HR : humidité relative
VPF : déficit de pression de vapeur d'eau atmosphérique

I — OBJECTIFS

Dans la plaine alluviale du haut Rhône, les aulnaies à Aulne blanc (*Alnus incana* (L.) Moench.) occupent d'importantes surfaces sur les îles suffisamment hautes pour échapper aux longues périodes d'inondation.

Le sol y a une texture limono-sableuse à limono-argileuse, avec un mull actif ou un mull calcique et la profondeur de la nappe phréatique varie entre 1 et 2 mètres. Sur notre site d'étude, l'Aulne blanc se trouve en association avec le Frêne (*Fraxinus excelsior* L.). Un tel groupement peut se trouver lorsque le plafond de la nappe phréatique oscille entre -1,30 m et -3 m (PAUTOU *et al.*, 1979).

La localisation écologique des espèces des milieux humides doit pouvoir s'expliquer par la convergence entre les conditions édaphiques et les exigences des espèces. A cet égard, les relations hydriques doivent être déterminantes.

Nous nous proposons de tester sur cette espèce l'hypothèse formulée par TOBIESSEN et KANA (1974), selon laquelle une espèce cantonnée dans les biotopes à sol constamment bien pourvu en eau est incapable de limiter la chute de son potentiel hydrique foliaire.

Parmi les espèces alluviales d'arbres, seules les espèces nord-américaines ont fait l'objet d'études approfondies, en conditions naturelles ou en conditions contrôlées (DAVIES et KOZLOWSKI, 1975, 1977 ; PALLARDY et KOZLOWSKI, 1981 ; PEREIRA et KOZLOWSKI, 1976 ; TOBIESSEN et KANA, 1974). Il existe cependant des données concernant le Frêne (*Fraxinus excelsior* L.) dues à AUSSENAC et LEVY (1983). Aucune étude du régime hydrique

* Reçu le 20 avril 1987, accepté le 29 octobre 1987.

de l'Aulne blanc ne semble avoir été menée afin de mieux comprendre sa localisation écologique.

Nous avons donc suivi l'évolution temporelle du potentiel hydrique et la résistance stomatique des feuilles au cours de plusieurs journées de l'été 1986.

Le site d'étude se trouve sur une île du Haut-Rhône sur la commune des Avenières (Isère), altitude : 210 m. Malgré un aménagement récent pour l'alimentation en eau d'une usine hydroélectrique, la nappe phréatique est restée, durant l'été 1986, au voisinage de 1,80 m, ce qui est une profondeur normale pour une aulnaie-frênaie.

II — SITE D'ÉTUDE ET MÉTHODE

A — LE SITE

Les îles du Haut-Rhône sont constamment modelées par l'érosion et la sédimentation, qui sont les conséquences des passages des crues.

La sédimentation des alluvions est décroissante, sur les îles, de l'extérieur vers l'intérieur. Ce phénomène est dû à une précipitation plus rapide des élements les plus grossiers en suspension, causée par la diminution de vitesse du courant provoquée par la végétation. Ces dépôts tendent à exhausser les berges de l'île. Au centre des îles sédimentent les éléments les plus fins car les eaux y sont presque stagnantes. Ceci conditionne la répartition des espèces végétales : sur les sols filtrants se trouvent des espèces telles que le Saule blanc (*Salix alba* L.) et l'Aulne blanc (*Alnus incana* (L.) Moench.) et sur les sols lourds des espèces liées à des sols saturés en eau, telles que l'Aulne glutineux (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) et le Saule cendré (*Salix cinerea* L.) (PAUTOU et al., 1979).

L'aulnaie blanche de notre site expérimental est située à une altitude voisine de 207 m. Son sol a une texture principalement sableuse avec en profondeur un horizon composé de graviers et cailloux formant le substratum des îles (Fig. 1). Les horizons superficiels sont entièrement prospectés par les racines, mais l'enracinement reste notable jusqu'à une profondeur de 1,10 m.

Le groupement végétal est principalement composé d'*Alnus incana* (L.) Moench. et *Fraxinus excelsior* L. pour les

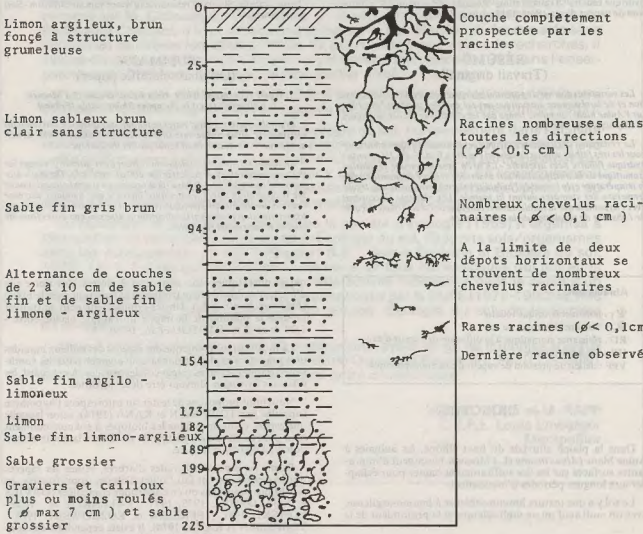


FIG. 1. — Profil pédologique et racinaire. Profondeur en cm.

arbres, *Evonymus europaeaL.*, *Cornus sanguinea* L., *Crataegus monogyna* Jacq. pour les arbustes et *Impatiens glandulifera* Royle, *Allium ursinum* L., *Rubus caesius* L. pour les herbacées.

B — MESURES PHYSIOLOGIQUES

Toutes les mesures sont faites sur des feuilles adultes de la périphérie du houppier, bien exposées au soleil, à partir d'une plateforme haute de 8 m.

Les journées de mesures ont été : le 08 juillet 1986 (temps nuageux à couvert), le 30 juillet (ensoleillé avec passages de nuages), le 06 août (très ensoleillé), le 12 septembre (nuageux à couvert, avec pluie en fin de journée).

Le potentiel hydrique foliaire Ψ_f a été mesuré à l'aide d'une chambre de pression conçue au laboratoire (COLLICARD, 1982). Pour limiter l'évaporation se produisant après l'excision de la feuille, la mesure est faite dans les deux minutes qui suivent ; la chambre est tapissée d'un papier filtre imbibé d'eau distillée afin d'y maintenir l'humidité au voisinage de la saturation.

La transpiration TR et la résistance stomatique à la diffusion de vapeur d'eau RD sont mesurées à l'aide d'un poromètre à régime stationnaire LI-COR 1600. Cet appareil n'est pas utilisable lorsque les feuilles sont mouillées par la rosée ou lorsque l'humidité de l'air est supérieure à 85 %.

La mesure de la transpiration et de la résistance stomatique est d'abord faite sur une feuille en place, puis celle-ci est excisée pour la mesure du potentiel hydrique. Cinq feuilles sont traitées successivement. Les mesures sont répétées 6 à 9 fois au cours de la journée.

C — MESURES MICROCLIMATIQUES

Un capteur du rayonnement photosynthétique actif LI-COR 190 SB, installé sur le poromètre, permet de mesurer *in situ* le flux de photons entre 400 et 700 nm de longueur d'onde, perpendiculairement au limbe, en même temps que la transpiration et la résistance stomatique.

La température de l'air t et son humidité relative HR sont mesurées à l'aide d'un psychromètre à ventilation J. RICHARD. Le déficit de pression de vapeur d'eau de l'atmosphère VPD est calculé comme suit :

$$VPD = (1 - HR/100) \times P_{sta}$$

VPD en kPa, HR en %, P_{sta} : pression de vapeur saturante, à la température de l'air, en kPa.

Les précipitations sont relevées quotidiennement à l'aide d'un pluviomètre placé à 3 km du site d'étude.

D — MESURES CONCERNANT L'EAU DU SOL

La profondeur de la nappe phréatique est repérée grâce à un piézomètre. La charge hydraulique H du sol est mesurée à l'aide de tensiomètres Nardeux DIM 5000 aux profondeurs Z ($Z > 0$) égales à 25, 65, 105 et 155 cm. A chaque profondeur, la pression effective de l'eau dans le sol h, en cm d'eau, est l'équivalent du potentiel hydrique du sol Ψ_s, en MPa. Elle est définie comme la différence entre la pression de l'eau du sol et la pression atmosphérique. La charge hydraulique $H = h - Z$ est lue directement sur les tensiomètres, en cm d'eau. Le déplacement de l'eau dans le sol se fait dans le sens des charges hydrauliques décroissantes (VACHAUD *et al.*, 1978).

Lorsque la charge hydraulique tombe en-dessous de -750 cm d'eau, de l'air s'introduit dans le tensiomètre et la lecture n'est plus valable. Ceci ne s'est produit que du 6 au 9 juillet et seulement pour le tensiomètre situé à 25 cm de profondeur.

III — RÉSULTATS

A — LES CONDITIONS HYDRIQUES DU SOL (Fig. 2)

Pendant l'été 1986, de juillet à septembre, la profondeur de la nappe phréatique a varié de -1,74 m à -1,95 m. Ces oscilla-

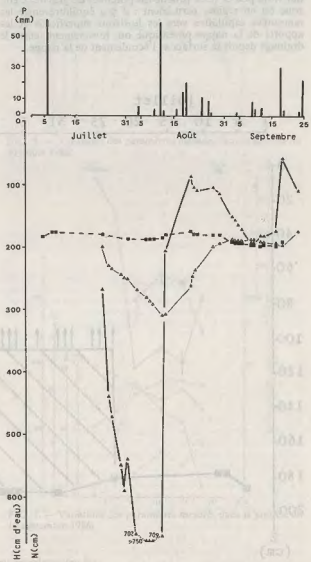


FIG. 2. — Profil de charge hydraulique, évolution de la profondeur de la nappe et pluviosité au cours de la période d'étude. P : pluviosité (mm). N (carrés pleins) : profondeur de la nappe phréatique (cm). H : charge hydraulique (cm d'eau) à 25 cm de profondeur (triangles pleins) et à 65 cm de profondeur (triangles vides).

tions paraissent résulter esentiellement des pluies tombant sur la région et des faibles variations de niveau du Rhône ; elles se retrouvent presque identiquement au niveau de la charge hydraulique à 1,55 m et à 1,05 m, où il existe un faible gradient de charge. Les variations sont comprises entre -170 et -190 cm d'eau. Ces deux courbes n'ont pas été représentées sur la Fig. 2 pour ne pas la surcharger.

Les variations de charges hydraulique sont nettement amplifiées à 0,65 m et plus encore à 0,25 m, car cette tranche de sol est fortement soumise à l'extraction racinaire et à l'évaporation à partir du sol nu ; les retombées de la charge hydraulique résultent immédiatement des pluies orageuses du 11 et 19 août et du 18 septembre.

L'observation des mouvements verticaux de l'eau dans le sol et du profil de charge hydraulique nous montre qu'une tranche importante du sol, comprise entre la nappe et à environ 1 m de profondeur, possède une charge hydraulique qui varie peu et reste proche du potentiel de gravité. Cette zone est en régime permanent : il y a équilibre entre les remontées capillaires vers les horizons superficiels et les apports de la nappe phréatique ou, inversement, entre le drainage depuis la surface et l'écoulement de la nappe.

Du 23 juillet au 11 août, le sol se dessèche progressivement en surface provoquant des remontées capillaires depuis le sol sous-jacent, avec un maximum le 11 août (Fig. 3).

Après l'orage du 11 août (60 mm d'eau), la tranche superficielle est toujours en drainage avec la présence d'un plan de flux nul ; la charges hydraulique et la plus basse vers 65 cm. Le 3 septembre, cette tranche de sol a été rechargée par le drainage, qui se poursuit jusqu'à la fin septembre. Sur tout le profil, la charge hydraulique est alors supérieure à -180 cm d'eau.

En tout état de cause, les potentiels hydriques de la zone des racines sont toujours restés faibles. Les valeurs les plus basses ont été observées le 6 août : un peu en-dessous de -0,1 MPa à 25 cm, -0,023 MPa à 65 cm et -0,0075 MPa à 105 cm.

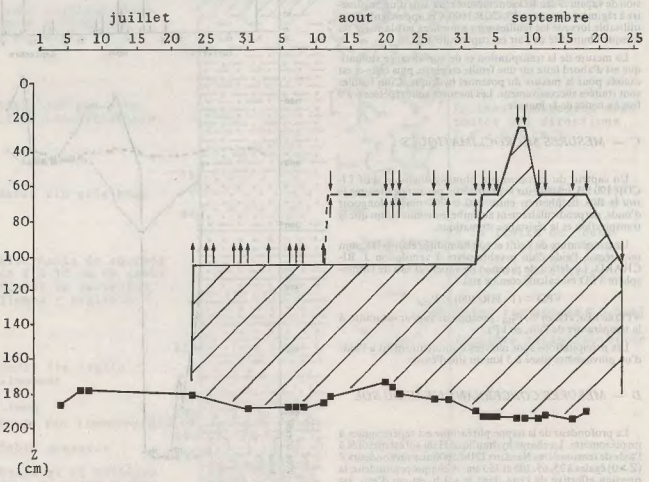


FIG. 3. — Mouvements verticaux de l'eau dans le sol en fonction de la profondeur. Flèches vers le haut : évaporations ou remontées capillaires. Flèches vers le bas : drainage. Carrés noirs : profondeur de la nappe phréatique. Hachures : tranche de sol soumise à un régime permanent. Tirets : plan de flux nul.

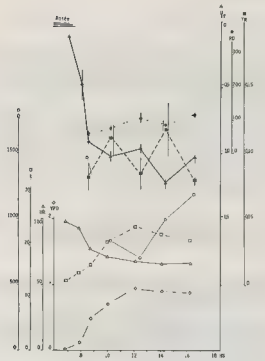


FIG. 4. — Variations des paramètres mesurés dans la journée du 8 juillet 1986.

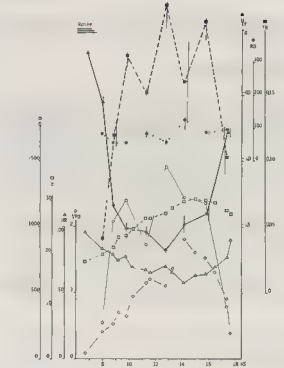


FIG 5. — Variations des paramètres mesurés dans la journée du 30 juillet 1986.

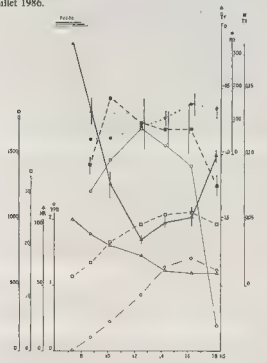


FIG. 6. — Variations des paramètres mesurés dans la journée du 6 août 1986.

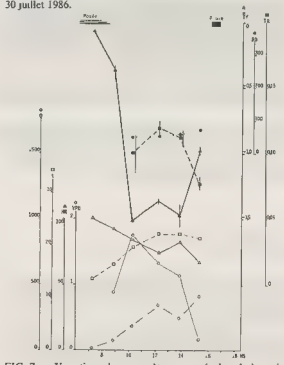


FIG. 7. — Variations des paramètres mesurés dans la journée du 12 septembre 1986.

Légende :

TR : transpiration ($g.m^{-2}.s^{-1}$).

Ψ_F : potentiel hydrique foliaire (MPa)

RD : résistance stomatique à la diffusion de vapeur d'eau ($m^{-1}.s$)

t : température de l'air (°C)

HR : humidité relative (en %)

VPD : déficit de pression de vapeur d'eau de l'air (kPa)

Q : densité de flux des radiations photosynthétiquement actives ($\mu E.m^{-2}.s^{-1}$)

HS : heure solaire

Les barres verticales représentent l'erreur-type de la moyenne.

B — ANALYSE DES JOURNÉES DE MESURES (Année 1986)

☐ **Le 8 juillet** (Fig. 4)

Le Ψ_s n'a pas été mesuré, la battene de tensiomètres n'étant pas encore installée. Toutefois le niveau de la nappe phréatique est élevé et il y a eu un violent orage le 6 juillet ; il est donc probable que le Ψ_s est élevé à toutes les profondeurs.

Le temps, ensoleillé le matin, se couvre temporairement vers 12 h. Les températures restent modestes (maximum 23°C), l'humidité relative ne s'abaisse pas en-dessous de 66 %, le VPD reste toujours inférieur à 1 kPa.

La résistance stomatique est minimale au moment de la première mesure faite (c'est le moment où l'éclairement est le plus élevé) et elle augmente progressivement en cours de journée (de 65 à 120 m^{-1}.s). La transpiration oscille entre 0,08 et 0,12 g.m^{-2}.s^{-1}. Le Ψ_f, égal à -0,1 MPa à 7 heures du matin quand les feuilles sont encore couvertes de rosée, s'abaisse ensuite rapidement et passe par un minimum de -1,32 MPa seulement, qui correspond au maximum de la transpiration.

☐ **Le 30 juillet** (Fig. 5)

Les trois semaines précédentes ont été assez belles. Le Ψ_s a sensiblement baissé, surtout près de la surface, mais même à ce niveau il n'atteint que -0,058 MPa. La journée est modérément ensoleillée mais chaude (maximum : 30°C) et relativement peu humide (HR minimum : 55 %), aussi le VPD s'élève régulièrement jusqu'à 1,8 kPa.

La résistance stomatique atteint très tôt son minimum (vers 8 h 45) et s'accroît ensuite progressivement jusqu'à 120 m^{-1}.s.

La transpiration très intense atteint une valeur record de 0,235 g.m^{-2}.s^{-1}. Quant au Ψ_f, à partir d'une valeur maximale de -0,14 MPa à 7 heures (sous la rosée), il chute rapidement vers -1,5 MPa et passe par un minimum de -1,67 MPa qui correspond au maximum de la transpiration.

☐ **Le 6 août** (Fig. 6)

C'est à cette date que le Ψ_s du sol est le plus bas en surface, mais il atteint seulement -0,02 MPa à 65 cm et à 105 cm ; l'alimentation en eau à partir de la nappe phréatique est parfaitement assurée.

C'est une journée bien ensoleillée. La température s'élève jusqu'à 26°C vers 16 heures ; à ce moment, l'humidité relative est minimale à 59 % et le VPD est maximal à 1,2 kPa.

Cette fois encore, la valeur minimale de la résistance stomatique est obtenue à la première mesure vers 8 h 15. La transpiration augmente en début de matinée, en même temps que l'éclairement, le VPD et la température, mais ensuite c'est l'augmentation de la résistance stomatique qui devient prépondérante et la transpiration chute à nouveau. Le Ψ_f est maximal sous la rosée à 7 heures (-0,16 MPa), il décroît rapidement et atteint son minimum en milieu de journée à -1,65 MPa.

☐ **Le 12 septembre** (Fig. 7)

Le Ψ_s est à nouveau très proche de zéro à toutes les profondeurs. La journée est nuageuse ; la pluie survient à 16 heures. La température est modérée (maximum 22°C), l'humidité relative est élevée (supérieure à 65 %) et le VPD ne dépasse pas 0,8 kPa.

La résistance stomatique reste toujours inférieure à 100 m^{-1}.s, et tend à augmenter légèrement en cours de journée. La transpiration varie peu, dans l'intervalle de 0,10 à 0,012 g.m^{-2}.s^{-1}, avec une chute en fin d'après-midi, correspondant à l'assombrissement considérable. Le Ψ_f est de -0,09 MPa vers 7 h 30 et décroît rapidement. Son minimum est toutefois limité à -1,5 MPa.

C — LES TRAITS DOMINANTS RÉSULTANT DE L'ANALYSE DES JOURNÉES DE MESURES

Le Ψ_f chute toujours rapidement dans la matinée. Il remonte en fin de journée, en même temps que diminuent la transpiration et l'éclairement.

Le Ψ_f minimum est atteint plus ou moins tôt dans la journée entre 10 et 14 h 30, avec une valeur individuelle extrême de -1,8 MPa. L'amplitude de variation journalière du Ψ_f est donc considérable.

Entre le Ψ_f maximal mesuré le matin, le Ψ_f minimal et le Ψ_s, il n'est pas possible d'établir de relation. Le Ψ_f est indépendant du Ψ_s dans le domaine des valeurs mesurées sur notre site d'étude.

La résistance stomatique est toujours minimale en début de matinée. Pour trois jours de mesures sur quatre, la résistance stomatique la plus faible est la première valeur obtenue. La tendance générale est à l'augmentation en cours de journée, quelles que soient les variations de l'éclairement. Une analyse de variance a montré que cette augmentation est significative les 30 juillet, 6 août et 12 septembre ; par contre elle ne l'est pas le 8 juillet (pas de différence significative pour $p = 0,20$) si du moins on exclut la mesure en fin de journée.

En observant les valeurs maximales et minimales de la résistance stomatique au cours des quatre journées de mesures en fonction des variables microclimatiques, il n'apparaît pas d'indication nette de dépendance de la résistance stomatique vis-à-vis de l'éclairement et de la température dans les intervalles considérés. Il peut y avoir un effet du VPD ou de l'humidité relative qui varient respectivement de façon concomitante ou inverse, mais nous pouvons aussi suspecter une baisse de la résistance stomatique minimale au cours de la vie des feuilles (Tabl. I).

Quant à la transpiration, si elle présente souvent des variations inverses de celles de la résistance stomatique, sa valeur paraît plutôt être sous la dépendance des variables microclimatiques

Ainsi le simple examen visuel des courbes journalières ne permet pas de percevoir clairement le déterminisme des grandeurs physiologiques. Il est donc indispensable de calculer les relations statistiques entre ces grandeurs et les données microclimatiques.

D — RELATIONS STATISTIQUES

Des calculs de corrélation ont été réalisés sur les sept paramètres (Ψ_f, RD, TR, Q, VPD, HR, t) avec des transfor-

TABLEAU I

Les valeurs instantanées des variables microclimatiques associées à la résistance stomatique minimale et maximale

Dates Heures solaires	8 - 7 8 h 40	30 - 7 8 h 50	6 - 8 8 h 10	12 - 9 10 h 10		8 - 7 16 h 40	30 - 7 14 h 10	6 - 8 15 h 50	12 - 9 15 h 20
RD min $s.m^{-1}$	65	55	46	48	RD max	120	125	155	72
Q $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$	1470	1040	1210	870	Q	1180	1220	1400	80
t°C	16,2	21,1	17	19,5	t	21	29	26,2	21,2
VPD kPa	0,48	0,51	0,2	0,36	VPD	0,86	1,8	1,4	0,81
HR %	77	79	89	83	HR	66	57	59	66

mations simples des variables : X, X^2, 1/X, $\sqrt{X}$, lnX. Toutes les mesures obtenues pendant l'été 1986 ont été prises en compte (140 mesures). Les meilleurs coefficients de corrélation, r, sont indiqués dans le Tableau II. Le coefficient r est significatif à 1 % pour $[r] \geq 0{,}288$ et à 0,1 % pour $[r] \geq 0{,}280$.

La valeur r^2 représente la proportion de la variance d'une variable Y qui peut être attribuée à sa régression sur une variable X. Il faut donc un coefficient $[r] \geq 0{,}7$ pour qu'au moins 50 % des variations de Y soient expliquées par sa relation avec X ($[r] \geq 0{,}7$ est équivalent à $r^2 \geq 0{,}5$) : c'est pourquoi nous avons cherché des régressions linéaires multiples entre les paramètres, afin de pouvoir mieux expliquer les causes de leurs variations.

La transpiration

Elle est en corrélation très significative avec les variables microclimatiques, principalement avec l'éclairement (lnTR, Q : r = 0,495 ; $r^2 = 0{,}245$) et avec la température (TR^2, t^2 : r = 0,513 ; $r^2 = 0{,}263$). La transpiration augmente donc avec l'éclairement et la température.

Avec la résistance stomatique, la corrélationest aussi très significative (1/TR, RD : r = 0,387 ; $r^2 = 0{,}150$), mais elle n'a que peu d'intérêt car précisément la résistance stomatique est calculée à partir de l'inverse de la transpiration.

TABLEAU II

Coefficients de corrélation linéaire entre les variables physiologiques et microclimatiques

ns : non significatif ; x significatif à 5 % ; xx : significatif à 1 % ; xxx : significatif à 0,1 %

RD	TR	Q	VPD	HR	t	X / Y
X — Y + 0,129 ns	$\sqrt{X} - \sqrt{Y}$ lnX — Y + 0,568 + 0,583 xxx	X — Y $X^2 - Y^2$ + 0,504 0,0519 xxx	$\sqrt{X} - \sqrt{Y}$ + 0,285 xxx	$\sqrt{X} - \sqrt{Y}$ -0237 xx	X — Y -0,309 xxx	RH
	1/X — Y $\sqrt{X} - \sqrt{Y}$ + 0,387 -0,375 xxx	1/X — 1/Y -0,173 ns	$\sqrt{X} - 1/Y$ $\sqrt{X} - \sqrt{Y}$ -0,629 + 0,585 xxx	1/X — 1/Y lnX — lnY -0,666 -0,653 xxx	1/X — 1/Y +0,519 xxx	RD
		X — lnY $\sqrt{X} - \sqrt{Y}$ +0,495 +0,487 xxx	X — Y $\sqrt{X} - \sqrt{Y}$ +0,402 xxx	X — Y $X^2 - Y^2$ -0,297 xxx	$X^2 - Y^2$ +0,513 xxx	TR

La régression multiple de la transpiration sur les paramètres microclimatiques est très significative (à t = 0,001) mais n'explique que la moitié des variations de la transpiration :

$TR = 0{,}0208 + 4{,}59\ 10^{-5}\ Q - 0{,}0223\ VPD^2 + 2{,}1\ t^2.\ 10^{-4} : r^2 = 0{,}485\ ;\ r = 0{,}696$ (relation 1)

En intégrant dans le calcul la résistance stomatique, l'explication des variations de la transpiration est bien meilleure :

$\sqrt{TR} = 0{,}669 - 0{,}00265\ HR + 0{,}01\ t + 0{,}0285\ lnQ - 0{,}129\ lnRD : r^2 = 0{,}852\ ;\ r = 0{,}923$ (relation 2)

Bien que la relation de calcul entre la transpiration et la résistance stomatique, ainsi que la régression simple la plus forte entre ces deux facteurs soit une relation inverse, il est à noter que la régression multiple expliquant le mieux la transpiration ne la fait plus intervenir.

La résistance stomatique

Elle ne paraît pas influencée par l'éclairement (r non significatif). L'Aulne blanc a donc, quel que soit l'éclairement, ses stomates grand ouverts (Fig. 9), sauf pour les très faibles éclairements, inférieurs à 200 μ E.m^{-2}.s^{-1}, où une tendance à la fermeture s'observe (mais nous ne disposons que de très peu de mesures dans ce domaine d'éclairement)

La résistance stomatique a une bonne corrélation avec la température (1/RD, 1/t : r = 0,519 ; r^2 = 0,269). Dans l'intervalle des températures observées, l'augmentation de la température entraîne une fermeture des stomates. L'optimum de température pour l'ouverture stomatique doit donc être inférieur ou égal à 16,5°C, qui est la température minimale observée.

Les plus fortes corrélations de la résistance stomatique sont avec le VPD et l'humidité relative (1/RD, VPD : r = -0,629 ; r^2 = 0,396 et 1/RD, 1/HR : r = -0,666 ; r^2 = 0,444). La baisse de l'humidité relative ou l'augmentation du VPD entraîne la fermeture des stomates.

La régression multiple associée au meilleur coefficient est : $1/RD = 0{,}0248 - 3{,}491\ 1/HR + 0{,}412\ 1/t + 0{,}0235\ V\ PD$: $r^2 = 0{,}458$; r = 0,677 (relation 3)

L'augmentation faible de la résistance stomatique observée au cours des journées de mesures est donc due en partie à l'augmentation de la température et du VPD et à la baisse de l'humidité relative.

Le potentiel hydrique foliaire

Le Ψ_f diminue fortement avec l'augmentation de l'éclairement (Ψ_f^2, Q : r = 0,519 ; r^2 = 0,269). Il varie aussi, de manière moins sensible, avec la température ([Ψ_f], t . r = 0,309 ; r^2 = 0,095), le VPD et l'humidité relative.

La cause de variation de Ψ_f la plus importante est due à la transpiration : Ψ_f^2, lnTR = r = 0,583 ; r^2 = 0,340. Le Ψ_f chute avec l'augmentation de la transpiration, ce qui est en accord avec le modèle du continuum sol-plante-atmosphère (VAN DEN HONERT, d'après MILBURN, 1979).

Par contre la corrélation entre Ψ_f et RD n'est pas significative ; ces deux paramètres ne paraissent pas interagir.

La régression multiple ne donne au total qu'une explication très partielle des variations du Ψ_f :

$\sqrt{[\Psi_f]} = 7{,}155 - 0{,}0832\ lnRD - 0{,}00561\ 1/TR - 28{,}795\ 1/t + 0{,}00759\ \sqrt{Q} - 1{,}470\ \sqrt{VPD} - 0{,}386\ \sqrt{HR} : r^2 = 0{,}48\ ;\ r = 0{,}693$ (relation 4)

Le déterminisme du Ψ_f fait donc intervenir d'autres facteurs, non mesurés dans ce travail.

IV — DISCUSSION

A — SITUATION ÉCOLOGIQUE DE NOTRE SITE D'ÉTUDE ET CARACTÉRISTIQUES DE LA SAISON OU ONT ÉTÉ FAITES LES OBSERVATIONS

L'aulnaie-frênaie est une formation où la nappe phréatique est normalement légèrement plus profonde que dans l'aulnaie pure. L'Aulne blanc doit y être assez proche de ses conditions limites. On pourrait suspecter que les travaux récents d'aménagement du Rhône au niveau denotre site de mesure aient perturbé les caractéristiques hydrologiques. Il est vrai que les inondations, déjà limitées à de courtes périodes dans la situation originelle, sont devenues exceptionnelles. Mais la profondeur de la nappe a été constamment voisine de 1,80 m durant toute la saison de végétation 1986 ; ces conditions biologiques sont donc normales. Il n'y a, du reste, pas d'indice visible de dépérissement de l'Aulne blanc, contrairement à d'autres sites peu éloignés où on observe de nombreux Saules dépérissant à la suite de l'abaissement de la nappe phréatique (CHALEMONT, 1985). Nous pouvons donc penser que le site choisi reste, du point de vue hydrologique, favorable au maintien de l'Aulne blanc (sans que nous puissions écarter la possibilité qu'il soit, à moyen terme, supplanté par le Frêne).

La saison de végétation 1986 a été caractérisée par une répartition assez régulière des précipitations, ce qui a maintenu la charge hydraulique du sol dans des limites très modestes : elle n'a jamais excédé -0,1 MPa à 25 cm, -0,03 MPa à 65 cm et -0,019 MPa pour les horizons plus profonds. Or le profil racinaire nous montre qu'il existe un réseau important de chevelus racinaires vers 1 m de profondeur (Fig. 1), c'est-à-dire dans une tranche de sol à charge hydraulique élevée. Ceci nous laisse supposer que les Aulnes blancs ont pu avoir une bonne alimentation hydrique.

Les brouillards matinaux ont été la règle et ils sont responsables de la présence d'eau condensée sur les feuilles, le matin, jusque vers 8 heures. La participation de cette eau condensée à l'établissement du potentiel hudrique foliaire de base reste à définir.

L'humidité relative n'est jamais tombée au-dessous de 55 % et le VPD record atteint 1,8 kPa.

B — VALEURS ET DÉTERMINISME DU POTENTIEL HYDRIQUE FOLIAIRE

Le Ψ_f minimum a atteint en milieu de journée des valeurs moyennes de -1,7 MPa, alors que le Ψ_s n'a jamais été inférieur à -0,1 MPa (le sol est resté humide pendant toute la saison de végétation, Fig. 2). Pour des espèces mésophiles, un potentiel foliaire aussi bas en s'observe que lors de conditions de sécheresse marquée : sur les Châtaigniers, pour des valeurs microclimatiques voisines, le Ψ_f ne chute autant que pour des Ψ_s abaissés à -0,7 ou -1 MPa (COLLICARD, 1982 ; COLLICARD et CARLIER, 1983).

Les valeurs très faibles de Ψ_f résultent d'abord de la transpiration, qui dépasse couramment 0,10 g.m^{-2}.s^{-1} et atteint parfois le double ; c'est ce que montre la corrélation entre les deux grandeurs, bien que celle-ci n'explique que 34 % des

variations de Ψ_f. En faisant intervenir dans une régression multiples l'ensemble des variables disponibles, seulement 48 % des variations de Ψ_f sont expliquées : cela signifie que des facteurs importants pour le déterminisme de Ψ_f n'ont pas été pris en compte. Il doit s'agir des résistances à l'entrée et à la circulation de l'eau dans l'arbre, probablement élevées, et du stockage peu efficace de l'eau. Ainsi s'expliquerait le fait que Ψ_f chute toujours rapidement dans la matinée, quel que soit le type de temps et bien que le potentiel du sol soit presque toujours très proche de zéro dans le biotope.

C — *VALEURS ET FACTEURS DE LA RÉSISTANCE STOMATIQUE*

La résistance stomatique diurne est habituellement voisine de 100 $m^{-1}.s$, ce qui est faible pour un arbre. Les facteurs externes qui, chez d'autres espèces, induisent la fermeture des stomates sont ici peu efficaces. Ainsi, on peut fréquemment repérer une valeur de l'éclairement au-dessous de laquelle la résistance stomatique augmente fortement. Cette valeur d'éclairement a été trouvée vers 300 μ E.$m^{-2}.s^{-1}$ pour *Acer saccharum* et vers 200 μ E.$m^{-2}.s^{-1}$ pour *Betula papyrifera* (PEREIRA et KOZLOWSKI, 1978). Elle est de 450 μ E.$m^{-2}.s^{-1}$ pour *Castanea sativa* (COLLICARD, 1982). Avec l'Aulne blanc, les mesures n'ont jamais permis de déceler cette valeur car nous manquons d'observations pour les faibles éclairements (Fig. 9). Tout au plus une tendance à l'augmentation de la résistance stomatique se dessine-t-elle pour les valeurs inférieures à 500 μ E.$m^{-2}.s^{-1}$.

Quant à l'effet de fermeture exercé par l'élévation de température et la baisse de l'humidité relative, il est significatif mais de peu d'ampleur.

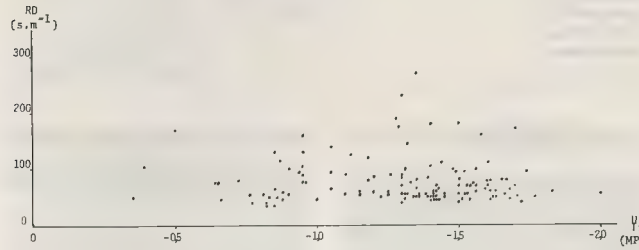


FIG. 8. — Variation de la résistance stomatique (RD) en fonction du potentiel hydrique foliaire (Ψ_f).

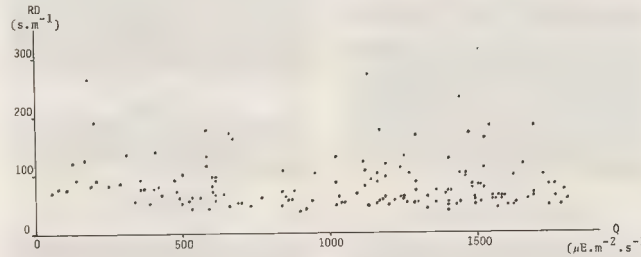


FIG. 9. — Variation de la résistance stomatique (RD) en fonction de l'éclairement (Q).

TABLEAU III

Résistances stomatiques minimale et moyenne et potentiel hydrique foliaire entraînant la fermeture des stomates

ESPÈCES	RD (s.m^{-1}) minimale	RD (s.m^{-1}) moyenne	Ψ_f entraînant la fermeture des stomates (MPa)	AUTEURS
Alnus incana	50	100	< -1,8	*Présent travail*
Castanea sativa	80		-1,7	COLLICARD et CARLIER, 1983
Fraxinus excelsior			-3,0	AUSSENAC et LEVY, 1983
Betula papyrifera	275	400	-1,6	PEREIRA et KOZLOWSKI, 1978
Acer saccharum	250	500 à 600	-1,5 (progressive)	PEREIRA et KOZLOWSKI, 1978
Betula populifolia		270	-1,6	FEDERER, 1977
Populus grandidentata		300	-2,0	FEDERER, 1977
Populus grandidentata			-2,5 à -3,3 (progr.)	TOBIESSEN et KANA, 1974
Populus tremuloides			-2,0 à -6,0 (progr.)	TOBIESSEN et KANA, 1974
Fraxinus americana			-2,0	TOBIESSEN et KANA, 1974
Populus trichocarpa	200		-1,0	PEZESKHI et HINCKLEY, 1982
Ulmus rubra	180		-1,1	PEZESKHI et HINCKLEY, 1982

D — ABSENCE DE RÉGULATION STOMATIQUE DU POTENTIEL HYDRIQUE

Chez un grand nombre d'espèces, il a été montré que lorsque le potentiel hudrique foliaire atteint un certain seuil, les stomates se ferment. Suivant les espèces, la résistance augmente rapidement : chez *Betula populifera*, elle passe de 270 à plus de 6000 m^{-1}.s quand le Ψ_f passe de -1,4 à -1,6 MPa (FEDERER, 1977) ; ou bien elle s'accroît progressivement au fur et à mesure de la chute du Ψ_f : chez *Populus tremuloïdes*, elle augmente légèrement entre -2 et -3 MPa et n'atteint 1000 m^{-1}.s que vers -6 MPa (TOBIESSEN et KANA, 1974) (Tableau III).

Chez l'Aulne blanc, jusqu'à -1,8 MPa, qui est la valeur individuelle la plus basse du Ψ_f mesurée *in situ*, aucune réaction de fermeture des stomates n'a pu être décelée.

Ainsi chez l'Aulne blanc la transpiration répond bien aux conditions microclimatiques (rayonnement et VPD) qui constituent ce qu'on nomme souvent «la demande évaporative», avec, il est vrai, une certaine limitation exercée par la résistance stomatique : c'est ce que signifient les coefficients de régression de relations 1 et 2. Mais ce fonctionnement est susceptible d'engendrer un potentiel hydrique foliaire fortement négatif (il y a une corrélation très significative entre Ψ_f et TR), sans que, dans les conditions habituelles au biotope, cela ne déclenche jamais de fermeture des stomates. Dans ce sens, on peut dire que l'Aulne blanc ne régule ni son potentiel hydrique foliaire ni sa transpiration.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'Aulne blanc est caractérisé par une résistance stomatique toujours faible pendant la journée, en raison de son manque de dépendance vis-à-vis de l'éclairement. Les seuls facteurs capables d'amorcer une fermeture diurne des stomates sont l'augmentation de la température et la baisse de l'humidité relative ; mais l'effet en est toujours limité.

Une autre caractéristique de cette espèce est la chute matinale du Ψ_f qui atteint dans la journée des valeurs fortement négatives, sans que cela entraîne la fermeture des stomates, du moins dans les limites observées dans cette étude.

Dans le modèle du continuum sol-plante-atmosphère, le Ψ_f dépend des résistances au mouvement de l'eau s'exerçant en amont et en aval de la feuille, c'est-à-dire respectivement aux niveaux du sol, de la racine et du système conducteur (à l'amont) et des stomates (à l'aval). L'Aulne blanc, dans les conditions du présent travail, ne met pas en oeuvre de mécanisme efficace pour la fermeture des stomates et n'exerce donc pas de contrôle en aval de la feuille. Il semble en outre que les résistances hydrauliques des racines et du système conducteur soient relativement élevées. Par conséquent une bonne conductivité hydraulique du sol est le seul mécanisme au moyen duquel une chute du Ψ_f incompatible avec la survie, peut être évitée. C'est ce qui explique la localisation de l'Aulne blanc dans ces biotopes à Ψ_s proche de zéro.

Remerciements

Les auteurs remercient M. J.G. CHRISTIN et l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication pour leur aide sur le terrain, la Compagnie Nationale du Rhône pour son support financier et M. J.L. THONY pour son aide dans l'exploitation des données concernant l'eau du sol.

RÉFÉRENCES

AUSSENAC (G.) et LEVY (G.), 1983. — Influence du desséchement du sol sur le co nportement hydrique et la croissance du Chêne pédonculé (*Quercus pedonculata* Ehrl.) et du Frêne (*Fraxinus excelsior* L.) cultivés en cases de végétation. *Ann. Sci. For.*, **40** (3), 251-264

CHALEMONT (J.), 1985. — *Quelques éléments pour évaluer l'impact de l'aménagement hydroélectrique de Chautagne*. D.E.A. Écologie Appliquée, Grenoble, 98 p.

COLLICARD (J.J.), 1982. — *Étude écophysiologique des taillis de Châtaigniers (Castanea sativa* Mill.*) du Bas-Dauphiné en 1981-1982. Potentiel hydrique, résistance à la diffusion et transpiration des feuilles.* Thèse Doctorat 3ème Cycle, Grenoble, 42 p.

COLLICARD (J.J.) et CARLIER (G.), 1983. — Paramètres relatifs à l'eau des feuilles de Châtaigniers (*Castanea sativa* Mill) de taillis du Bas Dauphiné. *Bull. Écol.*, **14** (3), 201-212.

COLLICARD (J.J.) et KOZLOWSKI (T.T.), 1975. — Stomatal responses to changes in light intensity as influenced by plant water stress. *Forest Sci.*, **21** (2), 129-133.

DAVIES (W.J.) et KOZLOWSKI (T.T.), 1975. — Stomatal responses to changes in light intensity as influenced by plant water stress. *Forest Sci.*, **21** (2), 129-133

FEDERER (C.A.), 1977. — Leaf resistance and xylem potential differ among broadleaved species. *Forest. Sci.*, **23** (4), 411-419.

MILBURN (J.A.), 1979. — *Water flow in plants*. Longman, London and New-York, 222 p.

PALLARDY (S.G.) et KOZLOWSKI (T.T.), 1981. — Water relations of Populus clones. *Ecology*, **62** (1), 159-169

PAUTOU (G.), GIREL (J.), LACHET (B.), AIN (G.), 1979. — Recherches écologiques dans la vallée du Haut-Rhône français. *Doc. Cart. Ecol.*, 22, 5-63.

PEREIRA (J.S.) et KOZLOWSKI (T.T.), 1976. — Influence of light intensity, temperature and leaf area on stomatal aperture and water potential of woody plants. *Can. J. For. Res.*, **7** (1), 145-153.

PEREIRA (J.S.) et KOZLOWSKI (T.T.), 1978. — Diurnal and seasonal changes in water changes of *Acer saccharum* and *Betula papyrifera*. *Physiol. Plant.*, 43, 19-30.

TOBIESSEN (P.) et KANA M. TOOD, 1974. — Drought dress avoidance in three pioneer tree species. *Ecology*, 55, 667-670

VACHAUD (G.), DANCETTE (C.), SONHO (S.) et THONY (J.L.), 1978. — Méthodes de caractérisation hydrodynamique d'un sol non saturé. *Ann. Agro.*, **29** (1), 1-36.

IMPORTANCE DES ZONES HUMIDES DE LA DÉPRESSION BRIÉRONNE POUR L'AVIFAUNE AQUATIQUE (Loire Atlantique, France). II — HIVERNAGE ET PÉRIODE PRÉNUPTIALE*

par P. CONSTANT, P. BONNET, M.C. EYBERT

Laboratoire des Systèmes Naturels et Modifiés (M N H N), C N R S, L.A 696. Université Rennes I Avenue du Général Leclerc 35042 RENNES Cedex

et J. HEDIN

Parc Naturel Régional de Brière, Rozé - 44550 St. MALO-DE-GUERSAC

MOTS-CLÉS : Oiseaux d'eau - Hivernage - Période prénuptiale - Répartition - Zones de remise - Zones de gagnage - Bassin du Brivet.

RÉSUMÉ (Travail original)

Sur la base des données recueillies entre 1980 et 1985, la distribution des laro-limicoles et des anséri formes, en période hivernale et de migration prénuptiale, a été étudiée dans les zones humides de la dépression briéronne (19.000 ha) situées au nord de l'estuaire de la Loire.

Cette région se caractérise par la présence d'un certain nombre de remises d'oiseaux confortées par l'existence d'un large réseau de réserves.

Le niveau d'eau conditionne directement la richesse ornithologique des marais briérons en permettant une accessibilité plus ou moins grande des zones de remises et surtout de gagnage ; les déplacements des oiseaux entre les remises et les zones de gagnage sont précisés.

KEY-WORDS: Wetland birds - Wintering period - Spring migration period - Distribution - Resting areas - Feeding areas -Brivet's basin.

SUMMARY (Original scientific paper)

Ecological interest of the wetlands on the waterbirds in the Briere's slacks (Loire Atlantique, France) II — Wintering and spring migration

Gulls, waders and Anseriformes distribution was studied from 1980 to 1985 in the wetlands of the Brière's basin (19,000 ha) in the north of the Loire's estuary. Data were taken during the winter seasons and the prenuptial periods.

On this particular region bird's presence is favored by resting areas and a large network of nature reserves. The water level is directly conditionning the size of bird populations, by giving them access to more or less larger resting and feeding areas. Birds movements between resting and feeding areas are described.

INTRODUCTION

Situées sur la voie de migration des oiseaux paléarctiques du nord-ouest européen et dans l'un des plus importants sites d'hivernage français d'anatidés et de limicoles (BROSSELIN, 1973 ; ATKINSON-WILLES, 1976 ; HEMERY *et al.*, 1979 ; SAINT-GERAND, 1984), les zones humides de Bretagne méridionale, et en particulier de la dépression briéronne, offrent d importantes potentialités d'accueil.

Site d'intérêt majeur pour la reproduction et l'estivage des oiseaux d'eau (CONSTANT *et al.*, 1987 b), ce complexe marécageux assure le relais entre les zones d'hivernage du nord de la France (baies de la Somme et de la Seine), de l'ouest et du nord de la Bretagne et celles localisées plus au sud sur le littoral atlantique français.

Si le Golfe du Morbihan, les estuaires de la Vilaine et de la Loire, ont fait l'objet de synthèses hivernales (SCHRICKE, 1981, 1982 ; MAHEO, 1982) et de recensements réguliers d'Anatidés et de Limicoles, sous l'égide du Bureau International de Recherches sur les Oiseaux d'Eau (B.I R.E.O.), la Grande Brière Mottière et ses marais périphériques restent, en revanche, peu étudiés Seules quelques observations anciennes, souvent fragmentaires, (BLANDIN, 1864 ; MAGAUD d'AUBUSSON, 1911) et, plus récemment, des études spécifiques sur l'avifaune aquatique (MAHEO et CONSTANT, 1971 ; EYBERT *et al.*, 1981 ; HEDIN, 1985) constituent l'ensemble des connaissances ornithologiques disponibles sur cette région de la Bretagne.

Devant l'importance de cette zone humide (zone A du projet M.A.R.), il était donc important d'actualiser, dans le cadre du programme d'aménagement des marais de l'ouest, la répartition hivernale et prénuptiale des oiseaux d'eau, sur la base de données collectées entre 1980 et 1985

* Reçu le 18 avril 1987, accepté le 25 septembre 1987

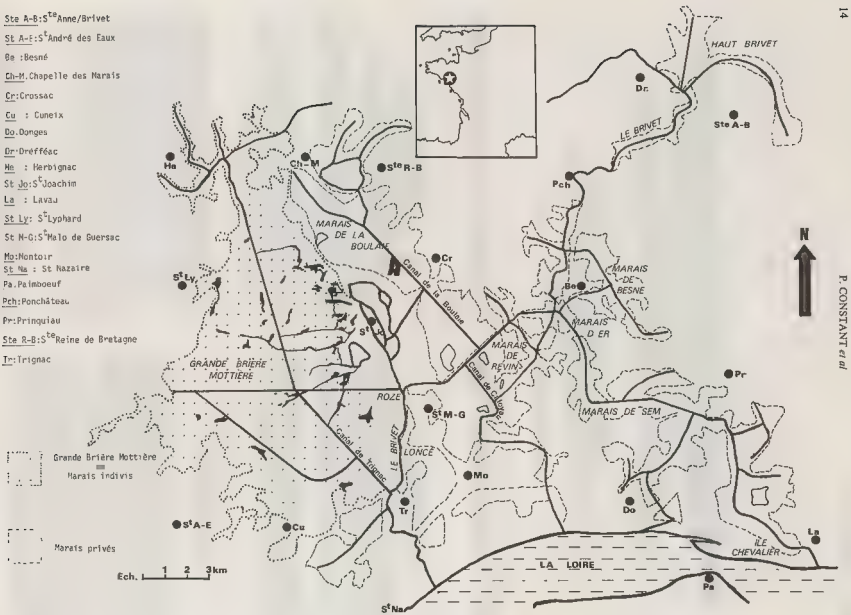


FIG. 1. — Localisation de marais du Brivet.

PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Encadrées au nord par la Vilaine, au sud par l'estuaire de la Loire et à l'ouest par le bassin salicole de Guérande, les zones humides du Brivet s'étendent sur 19.000 hectares (Fig. 1).

Cette région, dont une description topographique et botanique a été faite dans une précédente publication (CONSTANT *et al.*, 1987 b, est constituée par deux grandes zones zones distinctes :

— à l'ouest, la Grande Brière Mottière (marais indivis), vaste cuvette de 7.000 hectares où s'interpénètrent prairies naturelles, buttes, roselières, canaux et plans d'eau ;

— à l'est, les marais privés de la Boulaie, du Haut-Brivet et les marais de Donges qui, sous influence marine, s'ouvrent sur l'estuaire de la Loire ; ce vaste ensemble regroupe essentiellement des prairies naturelles à vocation pastorale. Au plan hydrologique, ces milieux ne peuvent être dissociés de la Grande Brière Mottière et de l'estuaire de la Loire, leur valeur biologique étant tributaire des variations du niveau d'eau et des marées (CONSTANT *et al.*, 1987 a).

Cette région est marquée par un climat atlantique tempéré qui se caractérise par une pluviosité hivernale abondante. Celle-ci engendre une inondation saisonnière de l'ensemble des surfaces prairiales. L'importance et la profondeur de la submersion sont conditionnées non seulement par la quantité, la durée et la répartition des pluies dans le temps, mais aussi par l'envasement progressif des exutoires qui freinent actuellement l'écoulement naturel de l'eau vers la Loire. Cette situation s'accompagne ainsi de profondes transformations du paysage hivernal, lesquelles régissent les potentialités d'accueil du milieu pour les oiseaux d'eau

MÉTHODOLOGIE

Conformément à la démarche méthodologique utilisée par différents auteurs, en Camargue (TAMISIER, 1972), en Vendée (SPITZ, 1964 ; FOURNIER & SPITZ, 1972) et en Bretagne (MAHEO & CONSTANT, 1971 ; EYBERT *et al.*, 1981), l'étude de la distribution des oiseaux d'eau repose sur des dénombrements effectués à partir du sol.

Observations diurnes

Les lieux de stationnement, répertoriés et cartographiés sur carte I.G.N. au 1/50.000, sont visités régulièrement. Les anatidés sont dénombrés sur leurs remises diurnes, localisées pour la plupart dans les réserves de la région ; il s'agit principalement :

— en Loire, de la réserve maritime de l'estuaire (3.400 ha), des réserves de chasse des Massereaux (400 ha) et des Baracons (110 ha) ;

— en Grande Brière Mottière, de la réserve des Grands Chartreaux (700 ha) et du Parc Animalier de St. Malo-de-Guersac (30 ha).

Les limicoles sont recensés, soit pendant leur phase d'alimentation sur les prairies humides, soit à marée haute, sur les reposoirs de l'estuaire de la Loire.

Observations crépusculaires ou par nuits de pleine lune

Celles-ci, ainsi que des écoutes nocturnes sur les marais, ont permis de cerner les zones de gagnage utilisées par les canards. Par ailleurs, des observations simultanées au départ des remises et, à l'arrivée, sur les zones de gagnage, ont permis de préciser l'orientation et l'importance relative des axes de déplacement des oiseaux, notamment pour les limicoles, entre l'estuaire de la Loire et la Grande Brière, en fonction des coefficients de marée

Enfin, des informations collectées auprès des chasseurs de gibier d'eau ont apporté des éléments complémentaires sur différents points comme, par exemple, la direction des vols et les heures de pose sur les gagnages.

PEUPLEMENT DE LARO-LIMICOLES

1 — *RICHESSE DU PEUPLEMENT*

D'après les synthèses du B.I.R.O.E. (MAHEO, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984) concernant l'hivernage des limicoles en France, au cours de notre période d'étude, les stationnements en Bretagne méridionale, représentent entre 17 et 37 % (32 % en moyenne) des effectifs totaux recensés sur le littoral atlantique ; 27 à 37 % d'entre eux (30 % en moyenne) sont susceptibles de fréquenter les marais briérons (Tab. 1).

TABLEAU I

Effectifs totaux et leur moyenne aux mois de janvier 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, des Limicoles en stationnement sur la façade atlantique française, sur le littoral du sud de la Bretagne, et de ceux potentiellement concernés par les échanges avec les marais briérons (complexe entre Loire et Vilaine). (D'après synthèses B.I.R. O.E.).

Années / Effectifs	1980	1981	1982	1983	1984	Moyenne
Façade atlantique	258.600	188.600	226.000	245.000	260.000	235.640
Bretagne sud	44.000	56.000	83.000	77.000	96.000	71.200
Complexe entre Loire et Vilaine	16.500	19.100	22.700	28.400	28.200	22.980

Fonctionnant en étroite complémentarité avec les vasières intertidales de la Loire, des traicts du Croisic et de Mesquer, les marais du Brivet entretiennent des échanges nombreux de limicoles et de laridés pendant la saison hivernale (Fig. 2). Chaque année, 6.000 à 10.000 échassiers sont dénombrés sur l'estuaire de la Loire, principalement au niveau de la réserve maritime. D'une manière générale, les mouvements d'oiseaux et les stationnements sur les prairies humides sont très liés au rythme tidal et à l'importance des coefficients de marée. Par ailleurs, les conditions météorologiques du moment et les niveaux d'eau sur le marécage influencent les modalités de l'utilisation de l'espace par les oiseaux. Plusieurs espèces, caractéristiques des zones intertidales, utilisent les bords de Loire ou pénètrent sur les marais briérons. Il s'agit principalement :

— en période hivernale, du Courlis cendré (*Numenius arquata*), de l'Avocette (*Recurvirostra avosetta*), de l'Huîtrier-pie (*Haematopus ostralegus*), du Pluvier argenté (*Pluvialis squatarola*) et de deux espèces de Laridés : le Goéland argenté (*Larus argentatus*) et le Goéland brun (*Larus fuscus*) ;

— en période prénuptiale, des chevaliers du genre *Tringa*, du Courlis corlieu (*Numenius phaeopus*) et de petits échassiers en migration de remontée (*Calidris* sp., *Charadrius* sp.) ; au passage, la Mouette pygmée (*Larus minutus*) et la Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*), sont également observées.

D'autres échanges de limicoles (Courlis cendré), moins importants, sont en outre connus à l'ouest de la zone d'étude, entre la Grande Brière Mottière et les bassins salicoles de Guérande et de Mesquer (Fig. 2).

Sur les marais dulçaquicoles, deux espèces hivernent régulièrement : le Vanneau huppé (*Vanellus vanellus*) et la Bécassine des marais (*Gallinago gallinago*). Au début du printemps, le Pluvier doré (*Pluvialis apricaria*), la Barge à queue noire (*Limosa limosa*), le Chevalier combattant (*Philomachus pugnax*) et les Guifettes moustac et noire (*Chlidonias hybrida, C. niger*) sont les espèces les plus abondantes.

Ainsi, pour la période étudiée, la richesse totale du peuplement de laro-limicoles oscille entre deux valeurs moyennes : 11 espèces en période hivernale et 20 espèces en période prénuptiale.

2 — *DISTRIBUTION SPÉCIFIQUE*

Période hivernale : du mois d'octobre au mois de mars

● Le Vanneau huppé est essentiellement observé sur les prairies de Trignac et de Loncé, ainsi que sur les marais de Donges et de Prinquiau. L'effectif est très variable selon les conditions météorologiques et peut atteindre 5.000 individus, comme pendant la vague de froid du mois de janvier 1983. Des stationnements réguliers de plusieurs centaines d'oiseaux sont par ailleurs notés sur les buttes pâturées de Grande Brière Mottière.

● La Bécassine des marais, qui effectue ses premiers mouvements de migration dès le mois d'août, voit ses effectifs augmenter très sensiblement à partir de la deuxième quinzaine du mois de novembre et atteindre une valeur maximale à la fin du mois de décembre (2.000 à 5.000 individus). Cette espèce reste très inféodée aux prairies humides hors d'eau, ou faiblement submergées, ainsi qu'aux zones récemment incendiées de Grande Brière. Sur les secteurs les plus favorables, sa densité peut atteindre 50 à 100 individus à l'hectare, comme pendant le mois de janvier 1981. A l'est de la zone indivise, sur le marais de la Boulaie, des stationnements de 3 semaines à un mois pouvant rassembler 100 à 400 bécassines sont également observés.

Au cours de l'hiver, les concentrations diurnes de bécassines concernent surtout des oiseaux au repos. Au crépuscule et au cours de la nuit, l'essentiel des effectifs se disperse en alimentation sur les prairies accessibles et, à marée basse, sur les prés salés et vasières de l'estuaire de la Loire. Ces mouvements quotidiens, mais de faible amplitude, entre zones de remise et zones de gagnage, sont aussi rapportés par d'autres auteurs (CRAMP & SIMMONS, 1983)

● Le Courlis cendré exploite, à marée basse, les vasières de la Loire. Lors de la remontée des eaux, il quitte fréquemment ces milieux en direction des prairies du sud de la Brière (Trignac, Loncé et Montoir) et des marais de Donges. L'effectif maximum observé, au cours du mois de décembre, n'excède pas 200 individus. Toutefois, lors de conditions climatiques exceptionnelles comme la vague de froid du mois de janvier 1985, le nombre d'oiseaux en stationnement sur les prairies peut augmenter de façon notoire (600 individus notés dans les marais de la Boulaie).

D'autres espèces rejoignent temporairement, à marée haute, les milieux dulçaquicoles intérieurs. Avocettes et Huîtrier-pies utilisent notamment les marais des bords de Loire (Ile Chevalier, Lavau), alors que les Pluviers argentés se localisent plutôt sur les marais de Donges et de la Boulaie (effectif maximum : 500 individus)

● Plus occasionnellement, la Bécassine sourde (*Lymnocryptes minimus*) et le Pluvier doré exploitent ces milieux herbacés. Les effectifs de ce dernier peuvent alors atteindre plus de 5.000 individus. Enfin, l'hivernage régulier d'un petit nombre de Chevaliers combattants est signalé depuis la saison 1981. Ces oiseaux séjournent principalement sur les prairies de St. Malo-de-Guersac et de Revin

● Les stationnements de laridés, surtout représentés par les Goélands, restent généralement peu importants, hormis en période de tempête ; toutefois, le développement de la décharge de St. Nazaire au sud-ouest du marécage (Cuneix), entretient au cours de l'hiver une concentration de 5.000 oiseaux majoritairement constituée d'individus immatures.

Période de migration prénuptiale : du mois de mars au mois de mai

De nombreux passages et stationnements d'oiseaux illustrent la place importante des marais du Brivet sur la veine de migration ouest-européenne. Les zones périphériques de Grande Brière Mottière exploitées en prairies naturelles, constituent les sites majeurs de stationnement d'oiseaux. La hauteur d'eau conditionne directement la capacité d'accueil de ces milieux pâturés, la localisation des stationnements variant avec les espèces :

● Les Chevaliers gambette, arlequin et aboyeur (*T. totanus, T. erythropus, T. nebularia*), ainsi que les Bécasseaux variable et maubèche (*C. alpina, C. canutus*), se localisent principalement sur les berges du Brivet et en bordure des grands canaux de Trignac, de Caloyau et de la Boulaie. Des groupes de 80 à 100 individus sont observés ; ils concernent des bandes d'oiseaux en provenance de l'estuaire de la Loire.

● Les Courlis corlieu et les Pluviers dorés stationnent sur les prairies sub-halophiles des bords de Loire, dans les secteurs de Trignac, de Loncé, de Donges et de Revin. Ces deux

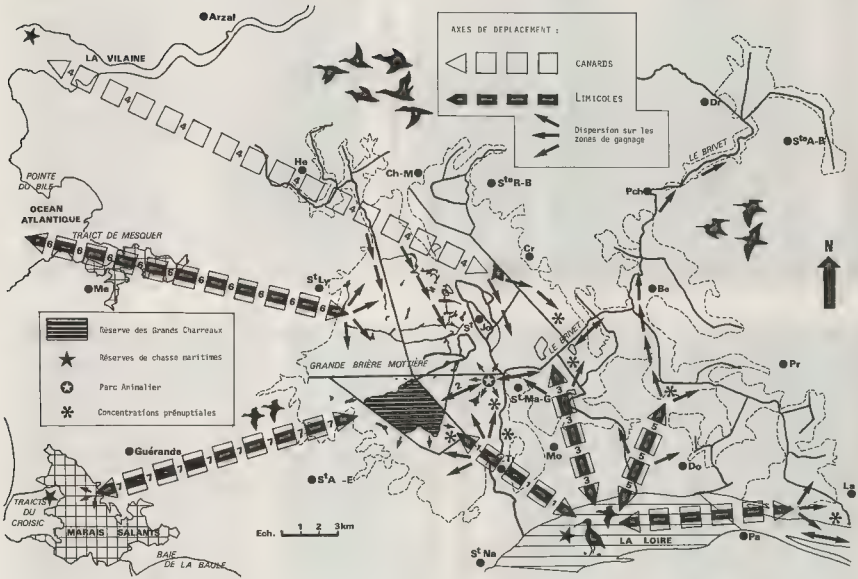


FIG. 2 — Utilisation de l'espace par les oiseaux d'eau hivernants et migrateurs : relations entre les remises et les zones de gagnage (voir texte pour la signification de symboles chiffrés).

espèces, très souvent associées pendant ces haltes migratoires, peuvent constituer des groupes importants rassemblant plusieurs centaines d'individus : 500 oiseaux dans le marais de Revin et 300 sur les prairies de Loncé, observés respectivement aux mois d'avril 1980 et 1984.

● Le Chevalier combattant et la Barge à queue noire, inféodés de façon nette aux prairies à *Agrostis canina* et à *Glyceria fluitans*, sont notés régulièrement et sont remarquables certaines années par l'importance, la stabilité et la durée de leurs stationnements. Au cours de la période d'étude, les zones de gagnage accessibles au sud (prairies de Trignac) et à l'est de la Brière (Loncé, St. Malo-de-Guersac), et surtout celles du secteur de la Boulaie, ont accueilli 500 Chevaliers combattants au mois de mars 1981 et 200 Barges à queue noire au mois d'avril 1982.

● En ce qui concerne les laridés, des regroupements de Mouette rieuse (*Larus ridibundus*) apparaissent au début du printemps sur les prairies inondées ; ces rassemblements prénuptiaux concernent parfois plusieurs centaines d'individus, mais restent très aléatoires et fortement dépendants des conditions météorologiques et du niveau d'eau. Les Guifettes noire et moustac et, très occasionnellement la Guifette leucoptère (*Chlidonias leucopterus*), sont présentes dès la fin du mois de mars sur l'ensemble du marécage. Elles se situent en particulier sur les prairies naturelles les plus basses (faciès à *Glyceria fluitans*). D'une manière générale, leur distribution au passage reste étroitement liée à la situation hydrologique saisonnière.

PEUPLEMENT D'ANSÉRIFORMES

1 — *TAILLE ET COMPOSITION DU PEUPLEMENT*

De par leur situation géographique, les marais du Brivet et l'estuaire de la Loire fonctionnent en étroite interdépendance ; en effet, les anatidés qui utilisent les remises de l'estuaire exploitent dans une large mesure les zones de gagnage dulçaquicoles proches.

D'après les synthèses du B.I.R.O.E. (SAINT-GÉRAND, 1982 a, b, 1984, 1985, 1986) qui concernent notre période d'étude (Tab. 2), les anatidés remisés en hiver dans l'estuaire de la Loire représentent entre 45 et 62 % de ceux recensés en Bretagne méridionale, ces derniers formant entre 20 et 32 % du peuplement hivernant sur l'ensemble du littoral ouest de la France.

Propice dès le mois de septembre au stationnement des populations migratrices de canards, la zone d'étude n'acquiert véritablement de l'importance qu'à partir du mois de décembre. Une augmentation régulière des effectifs jusqu'au mois de février est alors constatée au fur et à mesure de la progression de l'inondation sur les prairies naturelles.

D'après les dénombrements réalisés sur la région depuis ces dix dernières années (YESOU & TROLLIET, 1983), la taille moyenne du peuplement d'anatidés de surface varie de 2.500 individus au mois d'octobre à 17.000 individus au mois de janvier. Selon les conditions climatiques, et en particulier les vagues de froid, le nombre d'oiseaux peut fortement augmenter, soulignant par la même le rôle de refuge climatique joué par ce secteur (ANONYME, 1982, 1985 a).

Les principales remises d'anatidés se situent sur l'estuaire de la Loire : 10 000 à 15.000 individus stationnent, en moyenne, dans la réserve maritime. Localisées plus en amont, la réserve de chasse des Massereaux et celle des Baracons accueillent respectivement 3.000 à 5.000 et 6.000 à 8.000 canards de surface. En Grande Brière Mottière enfin, 500 à 2 000 oiseaux sont dénombrés sur la réserve des Grands Charreaux, 300 à 1.000 sur les plans d'eau du Parc Animalier.

24 espèces sont au total répertoriées, le Colvert, la Sarcelle d'hiver, les Canards souchet, pilet et siffleur constituant les éléments les plus représentatifs de ce peuplement hivernal.

2 — *ANALYSE SPÉCIFIQUE*

Canards de surface

□ **Canard colvert** ***(Anas platyrhynchos)***

Cette espèce, dont les mouvements migratoires d'automne s'amorcent dès le mois de septembre, se remise essentiellement sur la Loire. L'augmentation du nombre d'oiseaux dans les réserves correspond aux dates d'ouverture de la chasse. Chaque hiver, 1.000 à 4.000 individus sont dénombrés, l'effectif total pouvant atteindre 8.000 individus lors de conditions atmosphériques rigoureuses (hiver 1984-1985).

TABLEAU II

Effectifs totaux d'anatidés recensés sur le littoral de la façade ouest française, sur les principales remises de la Bretagne sud et sur l'estuaire de la Loire aux mois de janvier 1981, 1982, 1983, 1984 et 1985. (D'après synthèses B.I.R.O.E.)

Années / Effectifs	1981	1982	1983	1984	1985
Façade littorale ouest	111.341	163.972	112.224	82.590	92.305
Bretagne sud	24.170	34.417	23.800	26.685	25.979
Estuaire Loire	11.645	17.163	12.522	16.560	11.803

Toutefois, l'introduction d'oiseaux de lâcher (2.000 à 3.000) en Grande Brière et sur d'autres secteurs de la zone d'étude, rend difficile l'interprétation de l'évolution des stationnements.

☐ **Sarcelle d'hiver** ***(Anas crecca)***

L'estuaire de la Loire (banc de Bilho et réserves de chasse) accueille, selon les années, 8.000 à 15.000 individus, soit 60 à 80 % de l'effectif total des sarcelles dénombrées en Bretagne méridionale (EYBERT *et al.*, 1981). De nombreux oiseaux stationnent également en Grande Brière où la plupart d'entre eux se rassemblent dans la réserve des Grands Charreaux (500 à 3.000 individus au mois de mars 1983).

☐ **Canard souchet** ***(Anas clypeata)***

Les premiers passages sont observés dès le mois de septembre ; les bancs sablo-vaseux de l'estuaire de la Loire, dans le secteur de Lavau notamment, constituent la remise hivernale traditionnelle de cette espèce. L'effectif total augmente graduellement à partir du mois d'octobre pour culminer au mois de février au cours duquel 3.000 à 3.500 individus sont observés.

Durant la journée, cette espèce exploite les marais briérons mais souvent en petit nombre. Toutefois, les stationnements de Canards souchet sur ces zones de gagnage peuvent atteindre près de 5.000 individus, en particulier lors des périodes de fermeture exceptionnelle de la chasse au mois de février (saisons 1984 et 1985) ou, plus régulièrement, à partir du mois de mars quand toutes les prairies sont inondées (saison 1983). Ces bandes d'oiseaux se localisent surtout au sud de la Brière, à proximité de la réserve et, secondairement, sur les parirries bordant le canal de la Boulaie.

☐ **Canard pilet** ***(Anas acuta)***

Cette espèce n'est recensée en nombre qu'à partir du mois de janvier sur la remise traditionnelle de l'estuaire de la Loire (500 à 1.000 individus). Chaque hiver, l'augmentation du nombre de Canards pilet s'avère en étroite relation avec le début d'inondation des prairies naturelles. Durant le mois de février, si les effectifs se limitent à quelques dizaines d'oiseaux sur le marais de Grande Brière, en revanche, les zones périphériques de Donges et de la Boulaie peuvent accueillir plusieurs milliers d'individus (2.500 au cours de la saison 1983).

☐ **Canard siffleur** ***(Anas penelope)***

En comparaison des stationnements observés dans le Golfe du Morbihan (MAHEO, 1982 ; SAINT-GÉRAND, 1984), les réserves de Loire ne constituent que des zones secondaires de stationnement pour cette espèce. Les effectifs augmentent à partir du mois de décembre pour atteindre un maximum au mois de janvier. Les importantes fluctuations annuelles (1.100 individus en 1982 ; 650 en 1984 ; 2.500 en 1985) restent très dépendantes du niveau des eaux sur les prairies de la Boulaie, de Donges et, à un degré moindre, du sud de la Brière ; ce phénomène est accentué lors des vagues de froid en Europe de l'ouest. Ces zones de gagnage nocturne sont parmi les plus fréquentées.

☐ **Canard chipeau** ***(Anas strepera)***

Depuis 1980, l'hivernage de ce canard est marqué par une augmentation sensible et régulière de ses effectifs ; les principales observations concernent la réserve des Grands Charreaux, les prairies du sud de la Brière et les vasières de l'estuaire de la Loire (février 1980 : 50 individus ; mars 1982 : 140 ; mars 1983 : 300 et mars 1984 : 400)

☐ **Sarcelle d'été** ***(Anas querquedula)***

La population se concentre dès le mois de mars, lors de la migration prénuptiale, sur les prairies inondées du secteur de Trignac, en bordure de la Grande Brière et dans les marais de la Boulaie ; selon les années, sa taille varie entre 100 et 500 individus.

☐ **Tadorne de Belon** ***(Tadorna tadorna)***

Les bancs sablo-vaseux de la basse Loire constituent un site traditionnel d'hivernage pour cet anatidé. Sur la remise, l'effectif global augmente lentement jusqu'au mois de décembre puis, plus rapidement, pour se stabiliser au mois de janvier entre 1.500 et 3.000 individus. La dispersion est très rapide à partir de la mi-février ; quelques dizaines d'individus stationnent alors sur les prairies du sud de la Brière, du marais d'Er et en bordure de Loire, et sur les prairies halophiles de Donges.

Canards plongeurs

Sur la Brière et ses zones périphériques, l'absence de vastes plans d'eau suffisamment profonds limite tout stationnement durable et conséquent de ces espèces.

Les Fuligules milouin (*Aythya ferina*) et morillon (*Aythya fuligula*) hivernent en petit nombre dans le marais ; ils se localisent sur les étangs au nord de la Brière et, depuis 1982, dans le Parc paysager de St. Nazaire ; leur nombre n'excède pas 200 individus. Depuis l'hiver 1983, le Parc Animalier de St. Malo-de-Guersac est régulièrement fréquenté en hiver (300 individus dénombrés au mois de janvier 1985).

Anséridés

L'observation de l'Oie rieuse (*Anser albifrons*) et de l'Oie des moissons (*Anser fabalis*) demeure très ponctuelle (moins de 25 individus). L'Oie cendrée (*Anser anser*), en revanche, hiverne de façon régulière. La réserve des Grands Charreaux, le Parc Animalier, les prairies humides de la Boulaie, de Donges et de l'île Chevalier en basse Loire, constituent ses principaux lieux de gagnage (hivernage de 80 individus au cours de l'hiver 1983-1984).

Il faut également signaler le stationnement possible, mais très irrégulier, de la Bernache cravant (*Branta bernicla*) au cours du passage printanier (100 individus au mois de mars 1983 dans les marais de la Boulaie). D'autres espèces exceptionnellement représentées par quelques dizaines d'individus au maximum) sont observées pendant l'hiver, lors des vagues de froid prolongées : le Cygne sauvage (*Cygnus cygnus*), le Cygne tuberculé (*Cygnus olor*), la Bernache nonnette (*Branta leucopsis*), l'Oie des neiges (*Anser caerulescens*), les Fuligules

nyroca et milouinan (*Aythya nyroca, A. marila*), la Nette rousse (*Netta rufina*), le Garrot à oeil d'or (*Bucephala clangula*), les Harles bièvre et piette (*Mergus merganser, M. albellus*).

3 — *MODALITÉS D'EXPLOITATION TROPHIQUE DE L'ESPACE PAR LES CANARDS*

Début d'hivernage (octobre-novembre)

Soumise au rythme tidal, la réserve maritime de l'estuaire de la Loire se distingue par l'importance des surfaces exondables au cours de la basse mer. Le cycle de marée permet donc à une partie des canards remisés dans l'estuaire de s'alimenter sur les vasières pendant plusieurs heures.

Ce type de milieu favorise en particulier le stationnement du Canard siffleur (CAMPREDON, 1982) et, à un degré moindre, celui du Canard pilet. Ainsi, 50 à 90 % des effectifs de ces deux espèces s'y nourrissent quotidiennement pendant près de cinq heures. Inféodé à l'estuaire pendant l'hivernage, le Tadorne boucle la quasi totalité de son cycle journalier sur ces lieux de gagnage. En revanche, chez le Canard colvert, la Sarcelle d'hiver et le Canard souchet, l'alimentation diurne sur les vasières intertidales n'est observée qu'aux cours des mois d'octobre et de novembre, période de migration nécessitant des besoins énergétiques accrus

Hivernage (décembre - janvier)

A partir du mois de décembre, l'activité alimentaire en milieu maritime devient marginale, au profit de l'exploitation des marais inondés du bord de Loire, de Donges et de Brière

Au crépuscule, les canards sortent des remises et se dispersent en petits groupes vers les zones de gagnage. Selon la remise de départ considérée et les divers secteurs utilisés par les oiseaux pour leur alimentation, plusieurs couloirs de déplacement sont distingués (Fig 2) :

— **Au sud de la zone d'étude**, les bandes d'anatidés de surface en provenance de la Loire pénètrent en Grande Brière au niveau du canal de Trignac (Fig. 2, **(1)**) en bordure duquel s'étendent de grandes surfaces de gagnages (prairies de Trignac et de Loncé). L'intensité de leur exploitation par les canards dépend toutefois de la pression de chasse observée à la «passée du soir», pendant la phase de déplacement des oiseaux (MAHEO & CONSTANT, 1971 ; EYBERT *et al.*, 1981). Situés à proximité de ces lieux d'alimentation, la réserve de chasse des Grands Charreaux et le Parc Animalier, hormis leur fonction de remise diurne, jouent alors pleinement leur rôle de zone refuge. Ceci se traduit, chez le Canard siffleur, par l'abandon de gagnages de Loire et de Brière au profit des prairies à fétuque, moins appétentes mais plus tranquilles, du Parc Animalier (HEDIN, 1985). Les plans d'eau de ce site constituent en outre des zones d'alimentation attractives pour les Fuligules milouin qui séjournent dans le Parc paysager de St. Nazaire.

Les nombreux échanges de canards qui s'observent par ailleurs en Grande Brière, entre le Parc Animalier et la réserve (Fig. 2), (2)), témoignent de l'exploitation intense des prairies humides adjacentes (Rozé, St. Malo-de-Guersac)

Les oiseaux qui se nourrissent sur les gagnages du sud de la Brière quittent à l'aube les marais en direction de la Loire ; ils empruntent alors un couloir principal de déplacement passant entre Montoir-de-Bretagne et Trignac, puis remontent l'estuaire jusqu'aux abords de bancs et des îlots (Ile Chevalier). C'est notamment dans cette partie de l'estuaire, autour des îles partiellement remblayées (la Garenne, Pierre Rouge, Petit Carnet), que DOUAUD (1954) signalait les principaux stationnements de canards.

— **à l'est de la zone d'étude**, les prairies inondées à Glycérie et à Agrostis qui bordent le Brivet (Boulaie, Revin, Er) constituent des zones d'alimentation de grande qualité. Lorsque la hauteur d'eau atteint 20 à 40 cm, de nombreuses poses y sont notées. Les canards arrivent en début de nuit sur cette zone soit, pour ceux qui viennent de la Loire, par les prairies de Montoir à l'est de Trignac (Fig. 2, (3)) soit, pour ceux qui viennent du secteur Vilaine-Golfe du Morbihan, par le nord de St. Joachim (Fig. 2, (4)).

La banalisation de plusieurs milliers d'hectares de gagnage sur la basse vallée de la Vilaine (ANONYME, 1985 b) s'est traduite par un allongement notoire des distances parcourues par les canards en recherche de nourriture (jusqu'à 40 km). Déjà souligné il y a 15 ans (MAHEO & CONSTANT, 1971), ce dernier point illustre le rôle complémentaire et grandissant de ces marais pour l'alimentation des anatidés de surface. Des infiltrations de canards à partir de l'estuaire de la Loire sont également observées vers les marais du secteur de Donges et de Prinquiau (Fig. 2, (5)).

— **La partie ouest de la zone d'étude** est également le siège de nombreux échanges d'anatidés avec les milieux littoraux porches. Des vols de canards en provenance de la côte (estuaire de la Vilaine, Pointe du Bile, Traict de Mesquer) pénètrent en Brière au niveau de St. Lyphard (Fig. 2, **(6)**) et se dispersent ensuite en recherche de nourriture sur les nombreux plans d'eau de ce secteur. D'autres enfin quittent la réserve de chasse au crépuscule en direction des marais salants de Guérande (Fig. 2, (7)). Ce milieu maritime, aux fortes potentialités trophiques (TAILLANDIER *et al.*, 1985 ; BONNET, 1986), s'avère une zone de gagnage particulièrement attractive pour les Sarcelles d'hiver comme en témoigne l'étude de leur régime alimentaire hivernal (EYBERT *et al.*, 1981).

Période prénuptiale (février-mars)

A la fin de l'hiver, la fermeture de la chasse conjuguée à des conditions optimales de submersion des gagnages permet des concentrations durables d'anatidés : il s'agit en particulier des zones humides ceinturant le sud et l'est de la cuvette brièronne. Si le rôle de la basse-Loire en tant qu'escale migratoire apparaît très diffus au cours de la migration d'automne, en revanche, il s'avère plus important au cours de la migration prénuptiale ; mais le phénomène se trouve en partie masqué par l'imbrication du départ progressif des hivernants et de l'arrivée simultanée des migrateurs.

Toutefois, ces stationnements sont très fluctuants selon les années (1982 et 1983) ; ils sont en fait directement dépendants de la hauteur d'eau sur les prairies et de sa vitesse de variation. Les observations montrent que de brusques modifications du niveau de l'eau, notamment provoquées au début du printemps pour permettre une mise en pâturage précoce, déstabilisent les concentrations d'oiseaux d'eau : ce phénomène est surtout noté sur les marais de la Boulaie, secteur privilégié de stationnement printanier (Fig. 2).

En Grande Brière, la topographie du marais et la gestion des eaux contribuent, en moyenne, à une immersion plus prolongée des zones de gagnage. Les prairies naturelles inondées de Trignac, de Loncé et de Rozé jouent alors un rôle

primordial dans le déterminisme de ces concentrations prénuptiales.

On constate ainsi une préférence marquée du Canard Pilet pour les marais de Donges (Sem, sud-Boulaie), du Canard Souchet et de la Sarcelle d'hiver pour les parries du sud (prairies de Trignac) et de l'est (St. Malo-de-Guersac) de la Brière. Présente à cette période de l'année, la Sarcelle d'été ne constitue pas de concentrations prénuptiales importantes, mais se disperse largement en petits groupes sur toute la zone d'étude (prairies de Donges et réserves de Brière).

DISCUSSION

Placés au coeur d'une région qui rassemble, en période hivernale, en moyenne 32 % des limicoles stationnés sur le littoral atlantique, et entre 20 et 32 % des canards de l'ouest du littoral, la Grande Brière Mottière et les marais périphériques du Brivet offrent d'importantes potentialités d'accueil pour les oiseaux d'eau en hivernage et en migration prénuptiale.

La présence de remises confortées par l'existence d'un large réseau de réserves et la disponibilité des zones de gagnage en milieux saumâtres et dulçaquicoles permettent, à cette période de l'année, de satisfaire les principaux besoins alimentaires et sociaux des laro-limicoles et des anatidés de surface.

Deux faits conditionnent directement la richesse ornithologique hivernale des marais briérons : l'épuisement relatif des premières zones de gagnage exploitées dès le mois d'octobre et situées à proximité des grandes remises (Golfe du Morbihan par exemple) et l'accessibilité, dans les marais briérons, à de vastes étendues de zones de gagnage progressivement mises en eau à la fin de l'hiver qui entraîne une augmentation importante des anatidés stationnés sur la Loire.

Ce phénomène est d'autant plus marqué que les marais de la Vilaine ne jouent plus le rôle prépondérant qu'ils avaient pour l'alimentation nocturne des canards avant les travaux d'aménagement. En effet, si des inondations persistent toujours sur ce secteur depuis la construction d'un barrage sur l'estuaire de la Vilaine (Arzal), leur brutalité d'apparition et de disparition ne permet plus des stationnements stables et durables d'oiseaux.

En Grande Brière Mottière, l'abandon des pratiques traditionnelles d'exploitation du marais (fauchage, tourbage) et de l'élevage a favorisé l'extension des surfaces occupées par les roselières. Par suite, la capacité d'accueil du marais indivis pour l'avifaune aquatique s'est considérablement altérée au profit des prairies naturelles périphériques. Les lieux privilégiés de stationnement d'oiseaux se situent ainsi en bordure de la Brière, sur les herbages inondés du sud et de l'est . La submersion de ces surfaces permet en outre aux espèces dont l'activité est étroitement dépendante du rythme nycthéméral et/ou tidal, de trouver des possibilités complémentaires de stationnement et d'alimentation.

L'avenir des marais briérons en tant que site d'hivernage pour l'avifaune aquatique est donc principalement lié à la maîtrise de l'eau. Dans le cadre d'un projet d'aménagement hydraulique, la restauration des vannages existants et l'élaboration d'un calendrier saisonnier de gestion (CONSTANT *et al.*, 1987 a) devraient permettre :

— en période hivernale, la submersion généralisée de toutes les surfaces prairiales ;

— en période prénuptiale, une décrue lente et régulière capable d'assurer la disponibilité des gagnages pour l'avifaune migratrice ainsi qu'une mise en pâture précoce des troupeaux sur les prairies.

Par ailleurs, la réduction des zones occupées par les phragmitaies en Grande Brière Mottière (CONSTANT, 1970), le réaménagement des plans d'eau et des canaux (CONSTANT & DUPONT, 1971) et surtout la réhabilitation progressive des prairies humides naturelles par le développement de l'élevage extensif (LECOMTE, 1981 ; HEDIN, 1985) permettront d'assurer la pérennité des échanges d'oiseaux entre les zones maritimes de la Loire et le marécage.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, 1982. — Effets des vagues de froid de décembre 1981 et de janvier 1982 sur les Anatidés. *O.N.C., note technique*, 57 : 9-11.

ANONYME, 1985 a. — Effet de la vague de froid de janvier 1985 sur les oiseaux migrateurs. *O N C , note technique*, 89 : 17-20.

ANONYME, 1985 b. — Bilan de l'aménagement des marais de Vilaine *O N.C . note technique*, 87 : 33-37

ATKINSON-WILLES (G.L.), 1976. — Étude de la distribution numérique des canards, cygnes et foulques pour estimer l'importance des zones humides. *Bull. O N C.*, 6 : 3-81.

BLANDIN (J.), 1864. — *Catalogue des oiseaux observés dans le département de la Loire inférieure*. Mellinet Imp , Nantes : 86 pp.

BONNET (P), 1986. — Exploitation alimentaire et rythmes journaliers d'occupation d'un marais salant (Guérande) par huit espèces de passereaux en période interruptiale. *Bull. Ecol.*, 17, 1 : 39-46

BROSSELIN (M.), 1973. — Valeur internationale pour l'avifaune migratrice des zones humides de la façade occidentale de la France. *Penn ar bed*, 9 : 185-194.

CAMPREDON (P), 1982. — Conditions d'hivernage du Canard siffleur *Anas penelope* L. en France, en zone littorale (Manche, Atlantique) et continentale. *Bull., Mens , O.N.C.*, 58 : 23-48

CONSTANT (P), 1970. — Introduction à l'écologie des oiseaux de la Grande Brière (L A.). *Nos Ois.*, XXX, 331 : 241-251

CONSTANT (P.), BONNET (P.), EYBERT (M.C.) et HEDIN (J.), 1987 a. — Valeur internationale des marais briérons pour l'avifaune aquatique : propositions pour une meilleure gestion. *Bull. Mens., O.N.C.*, 109 : 27-31.

CONSTANT (P.), BONNET (P.), EYBERT (M.C.) et HEDIN (J.), 1987 b. — Importance des zones humides de la dépression bréronne pour l'avifaune aquatique. I : reproduction et estivage. *Bull. Ecol.*, 18 (3) : 169-182.

CONSTANT (P.) et DUPONT (P.), 1971. — Rapport sur l'aménagement des «pardes». *Arch., Sc., P.N.R B.*, 1 : 48-52.

CRAMP (S.) et SIMMONS (K.E.L.), 1983. — *Waders to gulls. Handbook of the birds of Europe, the middle east and North Africa*, Oxford Univ., Press, London, vol. III

DOUAUD (P.J.), 1948. — Notes sur les oiseaux de l'estuaire de la Loire. *Alauda*, XVI : 109-127.

DOUAUD (P J.), 1949. — Notes sur les oiseaux de l'estuaire de la Loire. *Alauda*, XVII-XVIII : 26-46

DOUAUD (P J.), 1954. — Notes sur les oiseaux de l'estuaire de la Loire. *Alauda*, XXII : 120-136.

EYBERT (M.C.), CONSTANT (P), MAHEO (R.), BONNET (P.), 1981. — Anatidés de Brière Mottière. *Rapport final convention de recherche O.N.C. et Université de Rennes.*

FOURNIER (O.) et SPITZ (F.), 1972. — Quelques données sur les Sarcelles d'hiver, *Anas crecca* dans le sud de la Vendée. *L'Ois. et R F O.*, 42 : 170-178.

HEDIN (J.), 1985. — *Étude de la dynamique du peuplement ornithologique associé à l'aménagement d'un parc animalier dans le marais briéron.* Thèse 3e c, Univ., Rennes : 159 pp.

HEMERY (F.), HOUSTA (P.), NICOLAU-GUILLAUMET (P.) et ROUX (F.), 1979. — Distribution géographique, importance et évolution numériques des effectifs d'Anatidés et de Foulques hivernant en France (janvier 1967 à 1976). *Bull. Mens. O.N.C.*, n° spécial Sc. Tech. : 5-91.

LECOMTE (T.), 1981. — Restauration des biocénoses palustres dégradées à la réserve naturelle des Mannevilles (Marais Vernier, Eure) par le pâturage extensif au moyen de bovins de race rustique (Highland cattle). *Contrat C.E.D.E.N.A., P.N.R. Brotonne* : 328 pp

MAGAUD D'AUBUSSON (L.), 1911. — Excursions ornithologiques sur les côtes de Bretagne *Bull Soc Nat. Acclim.*, 58 : 717-725 et 753-763

MAHEO (R.), 1981, 1982, 1983, 1984. — Limicoles séjournant en France. *Rapporis Convention B.I.R.O.E./O.N.C.*

MAHEO (R.), 1982. — Étude du Canard siffleur, *Anas penelope*, dans le sud de la Bretagne. *2nd Tech. Meet. West. Pal Migr. Bird Mgmt.*, Paris, 1979 : 152-163.

MAHEO (R.) et CONSTANT (P.), 1971. — L'hivernage des Anatidés de surface en Bretagne méridionale du Golfe du Morbihan à l'estuaire de la Loire : relations entre les zones de remise et les zones de gagnage. *L'Ois. et R.F.O.*, 41 : 203-224.

SAINT-GÉRAND (T.), 1982 a. — Analyse des dénombrements d'Anatidés et de Foulques hivernant en France, janvier 1981. *Bull. Mens. O.N.C.*, 55 : 25-44.

SAINT-GÉRAND (T.), 1982 b. — Analyse des dénombrements d'Anatidés et de Foulques hivernant en France, janvier 1982 *Bull Mens O.N.C.*, 59 : 6-20.

SAINT-GÉRAND (T.), 1984. — Analyse des dénombrements d'Anatidés et de Foulques hivernant en France, janvier 1983 *Bull Mens. O.N.C.*, 81 : 13-26

SAINT-GÉRAND (T.), 1985. — Analyse des dénombrements d'Anatidés et de Foulques hivernant en France, janvier 1984. *Bull Mens O.N.C.*, 87 : 7-20

SAINT-GÉRAND (T.), 1986. — Analyse des dénombrements d'Anatidés et de Foulques hivernant en France, janvier 1985. *Bull. Mens. O.N.C.*, 101 : 7-21.

SCHRICKE (V.), 1981. — L'hivernage du Fuligule milouinan (*Aythya marila* L.) en France et plus particulièrement dans l'estuaire de la Vilaine (Bretagne sud). *L'Ois. et R.F.O.*, 51 : 307-322.

SCHRICKE (V.), 1982. — Contribution à l'inventaire des richesses naturelles des estuaires : le stationnement hivernal des Anatidés dans l'estuaire de la Vilaine (Bretagne méridionale) - saison 1978-1979. *Bull. Ecol*, 13 : 35-47

SPITZ (F.), 1964. — Répartition écologique des Anatidés et Limicoles de la zone maritime du sud de la Vendée *Terre et Vie*, 11 : 452-488

TAILLANDIER (J.), BONNET (P.), CONSTANT (P.), EYBERT (M.C.) et DAVAL (L), 1985. — Contribution à l'étude écologique des passereaux dans les marais salants de Guérande (Loire Atlantique). *L'Ois. et R.F.O.*, **55**, 3 : 205-234

TAMISIER (A.), 1972. — *Etho-écologie des Sarcelles d'hiver Anas c. crecca pendant leur hivernage en Camargue*. Thèse d'état, Univ Montpellier.

YESOU (P.) et TROLLIET (B.), 1983. — Anatidés et zones humides de France métropolitaine. *Bull. Mens. O.N.C.*, n° spécial Sc. et Techn : 3-315

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU PHYTOPLANCTON DU LAC DE CRÉTEIL (Val-de-Marne) AU COURS DES ANNÉES 1981 et 1982. VARIATIONS INTERANNUELLES*

par Barbara MONTESANTO

Laboratoire d'Écologie École Normale Supérieure
46, rue d'Ulm — 75005 PARIS

MOTS-CLÉS : Phytoplancton - Lac de Créteil.

KEY-WORDS : Phytoplankton - Créteil lake

RÉSUMÉ
(Travail original)

Une étude du phytoplancton a été effectuée durant deux années (1981 et 1982) dans lac de Créteil. La flore s'y répartit principalement entre Chlorophycées et Diatomophycées. Dans l'ensemble les valeurs de la densité (moyenne de 12,8 10^6 cell l^{-1} en 1981 ; de 5,2 10^6 cell.l^{-1} en 1982) et de la biomasse (moyenne de 3,28 mg l^{-1} en 1981 et 1,85 mg.l^{-1} en 1982) diminuent sensiblement dans le lac entre 1981 et 1982. Ces données s'inscrivent dans une analyse de l'évolution à plus long terme de la dynamique de la microflore du lac. En ce qui concerne son état trophique en 1982, le lac de Créteil est classé comme méso-trophe d'après les valeurs maximales de biomasse algale, les moyennes de densité et de concentration en chlorophylle a et la composition floristique.

INTRODUCTION

Le lac de Créteil est un milieu artificiel, largement étudié depuis 1979 aussi bien sur le plan physico-chimique (CHESTERIKOFF, 1980, 1981) qu'hydrobiologique (C.H.A.L.U.T., 1980 ; LESCHER-MOUTOUE et BERTRAND, 1980 ; CARDINAL, 1981 ; GARNIER, 1982, 1983, 1984 ; LESCHER-MOUTOUE, 1984 ; MONTESANTO, 1984 ; TESTARD, 1983). De 0,42 km² de superficie, le lac a une profondeur moyenne de 4,5 mètres. La minéralisation des eaux est importante (1,5 g.l^{-1}) ; elles sont sulfatées-calciques et secondairement chlorurées-sodiques. La température varie de 2 à 23°C. Les eaux sont bien oxygénées, avec cependant, lors de la période d'étude, une tendance à l'anoxie dans les couches profondes. Elles restent alcalines toute l'année, le pH variant entre 7 et 8,5 (CHESTERIKOF *et al.*, 1981). Les prélèvements ont été faits à un rythme mensuel. Des échantillons moyens ont été analysés réunissant trois prélèvements effectués à 0, 1,5 et 4 mètres dans une station de la zone pélagique. CARDINAL (1981) avait en effet démontré l'homogénéité tant horizontale que verticale du lac. Les numérations ont été réalisées au microscope inversé (UTHERMOHL, 1958) et la biomasse calculée selon LOHMAN (1908).

* Reçu le 15 avril 1987, accepté le 22 janvier 1988.

SUMMARY
(Original scientific paper)

On seasonal fluctuation of phytoplankton in Creteil lake (France) during two years (1981-1982)

Periodical investigations on phytoplankton have been conducted during two years (1981 and 1982) on Créteil Lake The flora is distributed between Chlorophyceae and Diatomophyceae. On the whole, the algal abundance and biomass decrease noticeably on Créteil Lake in 1982 The trophic state of Créteil Lake has been evaluated by the maximal value of algal biomass, the moyen values of abundance and chlorophyll a concentration and the species composition as mesotrophic.

COMPOSITION FLORISTIQUE ET BIOVOLUMES DES ESPÈCES PRINCIPALES

Quatre-vingt deux espèces ont été répertoriées, les Chlorophycées, et en particulier les Chlorococcales, constituant le groupe le plus important. Ce sont pour la plupart des espèces cosmopolites et euryèces (Tab. I).

ÉVOLUTION SAISONNIÈRE DE LA DENSITÉ ET DE LA BIOMASSE DU PHYTOPLANCTON AU COURS DES ANNÉES 1981 ET 1982

Du printemps à l'automne, la densité et la biomasse évoluent de façon sensiblement parallèle durant les deux années ; ce parallélisme s'interrompt toutefois aux intersaisons : en automne d'abord, de septembre à octobre 1981, lorsque dominent des espèces de grande taille, *Cryptomonas* sp., *Cyclotella ocellata, Stephanodiscus dubius*, et qu'une faible densité se traduit par une biomasse élevée, puis pendant le mois de mars 1982, lors de la dominance des espèces de petite

TABLEAU I

Liste et biovolumes des espèces phytoplanctoniques répertoriées au lac de Créteil au cours des années 1981 et 1982

ESPÈCES	Présence Créteil		Biovolumes spécifiques (en µm³) Créteil			ESPÈCES	Présence Créteil		Biovolumes spécifiques (en µm³) Créteil			ESPÈCES	Présence Créteil		Biovolumes spécifiques (en µm³) Créteil		
	1981	1982	1981	1982	Colonie		1981	1982	1981	1982	Colonie		1981	1982	1981	1982	Colonie
Embranchement CHLOROPHYTES												**Embranchement : EUGLENOPHYTES**					
Ordre . Volvocales												***Ordre : Euglenales***					
Chlamydomonas sp.	+	+	150	55		*Scenedesmus ecornis* var. *disciformis* CHOD.		+		536		*Euglena oxyuris* SCHMARDA		+			
Chlamydomonas sp.2		+		147		*Scenedesmus incrassatulus* BOHLIN						*Phacus orbicularis fo. communis* POPOVA	+	+			
Ordre : Chlorococcales						*Scenedesmus quadricauda* (TURP.) BREB		+	1357	308		*Phacus torus* (LEMM.) SKVORT.		+			
Actinastrum hantzschii LAGERH.		+				*Scenedesmus quadricauda* var. *longispina fo. asymetricus* (HORTOB.) UHERKOV		+	680,7	332		*Trachelomonas* sp.	+	+	1150		
Ankyra judayi G.M. SMITH	+	+	33,5	314		*Scenedesmus spinosus* CHOD.		+	301,6	268		***Ordre : Colaciales***					
Chlorella vulgaris BEIJ.	+		113			*Schroederia setigera* LEMM.		+		234		*Colacium* sp.	+	+	1047	636	
Coelastrum cambricum ARCHER		+		524	8 cell.	*Sphaerocystis schroeteri* CHOD.		+	200	200		**Embranchement : CHROMOPHYTES**					
Coelastrum microporum NAG.	+		524		8 cell.	*Tetraedron minimum* (A. BRAUN) HANSG.		+				Classe CHRYSOPHYCÉES					
Coelastrum reticulatum (DANG.) SENN		+		2144	8 cell.	*Tetrastrum staurogeniaeformer* (SCHR.) LEMM.		+		452		*Erkenia subaequiciliata* SKUJA		+		14	
Crucigenia quadrata MORREN	+	+	75	147		*Tetrastrum triangulare* (CHOD.) KOM.			523,6			Classe DIATOMOPHYCÉES					
Crucigenia rectangularis (NAG.) KOM		+		419		***Ordre : Ulothricales***						***Ordre : Coscinodiscales***					
Crucigenia tetrapedia (KIRCH.) WEST-WEST	+	+	75	75		*Gloeotila* sp.		+		2760	filament de 30 cell.	*Cyclotella ocellata* PANTOCK	+	+	2024	765	
Dictyosphaerium pulchellum WOOD	+	+	96		12 cell.	***Ordre : Zygnematales***						*Stephanodiscus dubius* (FRICKE) HUST.	+		2024		
Didymocystis sp.	+		56,5			*Closterium parvulum* NAG.		+		733		*Stephanodiscus hantzschii* GRUN		+		765	
Didymogenes palatina SCHMIDLE		+				*Closterium praenum* BREB.		+		6785		***Ordre . Diatomales***					
Elakatothrix viridis (SNOW) PRINTZ		+		118	2 cell.	*Cosmarium* sp.		+	1526,8	1267		*Diatoma elongatum* (LYNGB.) AGARTH.		+		612	
Euastrumoru tetrasporus KOM.		+	524		8 cell.	*Staurastrum* sp.		+				*Diatoma vulgare var. ovalis* (FRICKE) HUST.		+		130	
Monoraphidium contortum (THUR.) KOM.-LEGN.	+	+	5,8	10		**Embranchement : SCHIZOPHYTES**						*Fragilaria crotonensis* KITTON		+			
Monoraphidium convolutum (CORDA) KOM.-LEGN.	+	+	10	34		Classe CYANOPHYCÉES						*Fragilaria intermedia* GRUN		+			
Monoraphidium minutum (NAG.) KOM.-LEGN	+	+	28,3	106		***Ordre : Chroococcales***						*Synedra acus* KUTZ.	+		113		
Monoraphidium tortile (WEST-WEST) KOM.-LEGN.		+		10		*Coelosphaerium kuetzingianum* NAG		+		51	30 cell.	*Synedra ulna* (NITZSCH.) EHR.		+			
Oocystis parva WEST-WEST	+	+	181	533		*Merismopedia tenuissima* LEMM		+				***Ordre : Achnanthales***					
Pediastrum boryanum (TURP.) MENEG.	+	+		707		*Microcystis aeruginosa* KUTZ.		+				*Rhoicosphenia curvata* (KUTZ.) GRUN		+			
Pediastrum duplex MEYEN	+	+		1257		*Synechocystis limnetica* POPOVSK.		+				***Ordre : Naviculales***					
Phaseolaria sp.	+		33			*Synechocystis* sp.						*Amphora ovalis* KUTZ.	+	+			
Quadrigula elliptica HORTOB.		+		180		**Embranchement . PYRROPHYTES**						*Cymatopleura elliptica* (BREB.) W. SMITH	+	+			
Rhombocystis lacrymo KOM.	+		33			Classe : DINOPHYCÉES						*Cymbella cistula* (HEMPR.) GRUN	+	+			
Scenedesmus acuminatus (LAGERH.) CHOD.	+	+	838	2052		***Ordre . Peridiniales***						*Gomphonema olivacea* (LYNGB.) DAWSON	+	+			
Scenedesmus acutus MEYEN	+	+	1508	2356		*Ceratium hirundinella* (MULL.) SCHRANK		+				*Navicula cryptocephala* KUTZ.		+		198	
Scenedesmus arcuatus LEMM.	+	+	188	300		Classe : CRYPTOPHYCÉES						*Navicula gracilis* EHR.		+			
Scenedesmus armatus fo. bicaudatus (GUG.-PRINTZ) CHOD.	+					***Ordre : Cryptomonadales***						*Navicula hungarica* var. *capitata* (EHR.) CLEVE		+			
Scenedesmus bicellularis CHOD.	+		56,5			*Chroomonas* sp.		+	173	120		*Nitzschia hungarica* GRUN		+			
Scenedesmus denticulatus LAGERH.	+					*Cryptomonas* sp.		+	1620	1047		*Surirella ovalis* BREB.	+				
Scenedesmus ecornis (RALFS.) CHOD.	+	+	151	87		Flagellé incolore (*Leucocryptos* sp.?)		+	37,7	51							

taille, *Monoraphidium contortum* et *Monoraphidium tortile*, où une densité élevée se traduit par une biomasse très faible (Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6). A l'échelle annuelle, densité et biomasse restent toutefois en corrélation significative ($r = 0,61$ — d.d.l. $= 11$ — pour l'année 1981 et $r = 0,77$ — d.d.l. $= 14$ — pour l'année 1982. Les densités moyennes ont été de $12,8\ 10^6$ cell.l^{-1} (max : $33,2\ 10^6$ cell.l^{-1} ; min. : $1,8\ 10^6$ cell.l^{-1}) en 1981 et de $5,2\ 10^6$ cell.l^{-1} (max. : $8,5\ 10^6$ cell.l^{-1} ; min. : $1,1\ 10^6$ cell.l^{-1}) en 1982, et les biomasses de 3,28 mg.l^{-1} (max. : 6,86 mg.l^{-1} ; min. : 0,43 mg.l^{-1}) en 1981 et de 1,85 mg.l^{-1} (max. : 4,75 mg.l^{-1} ; min. : 0,25 mg.l^{-1}) en 1982.

Deux principaux maximums de densité, dus au développement des Chlorophycées, ont été observés en 1981. Le premier se situe le 7 mai ($30,9\ 10^6$ cell.l^{-1}), principale période du développement des Chlorococcales (*Didymocystis* sp. avec 30 % de la densité totale, *Monoraphidium contortum* avec 20 %) ; il correspond à une biomasse relativement élevée (3,2 mg.l^{-1}) (Fig. 1, 2). Le second maximum, le plus important ($33,2.10^6$ cell l^{-1}) s'est manifesté le 29 juillet ; il est dû aussi au développement des Chlorococcales (*Oocystis parva* avec 77 % et *Phaseolaria* sp. avec 7 %) et correspond à la valeur maximale annuelle de la biomasse phytoplanctonique (4,66 mg.l^{-1}) (Fig. 1, 2).

Les Cryptophycées ont eu aussi deux poussées, la plus importante en mars-avril et la seconde en septembre (Fig. 2).

Les Diatomophycées (*Cyclotella ocellata*), bien moins nombreuses, n'atteignent pas une densité élevée mais leur contribution à la biomasse est importante. Leur maximum de développement a été observé en octobre avec 83 % de la biomasse totale (Fig. 2).

En 1982, le premier maximum de densité (6.10^6 cell.l^{-1}) s'est produit le 17 mars, lors d'une phase de dominance des Chlorococcales (*Monoraphidium contortum* et *Monoraphidium tortile* 75,3 % de la densité totale) (Fig. 1, 3, 4). Le deuxième maximum de densité est apparu le 21 juin ($6,9.10^6$ cell.l^{-1}) lors du développement des Diatomophycées avec 82 % de *Cyclotella ocellata* et *Stephanodiscus hantzschii* ; il se traduit également par une valeur maximale de la biomasse (4,75 mg.l^{-1}). En août-septembre s'observe un troisième maximum de densité, qui est aussi le plus important ($8,5.10^6$ cell.l^{-1}) et qui a correspondu au développement des Chlorococcales (66,5 % d'*Oocystis parva*) et s'est traduit aussi par une biomasse élevée (3,5 mg.l^{-1}).

En janvier 1983, lors d'une phase de dominance des Diatomées (*Cyclotella ocellata* pour 85 %), des valeurs maximales ont été observées de nouveau, tant de densité ($7,4.10^6$ cell.l^{-1}) que de biomasse (5 mg.l^{-1}).

Les Diatomophycées ont eu elles aussi deux poussées, en mai-juin 1982 et en janvier 1983. Les Cryptophycées, bien moins importantes en 1982, dominent seulement à la fin mai (87,7 % de la densité totale qui s'élève à $3,1.10^6$cell.l^{-1})(Fig. 3, 4, 5, 6)

DISCUSSION : ÉVOLUTION DU PHYTOPLANCTON ENTRE 1979 ET 1982

Les changements interannuels de la composition spécifique du peuplement planctonique, comme les fluctuations des effectifs et des biomasses, sont délicats à interpréter.

A partir de mai 1981 ils pourraient être attribués à une intervention sur le réseau de collecte d'eaux pluviales du Mont-Mesly réalisée afin de protéger le lac de la pollution bactérienne et de la pollution en phosphore. En effet, outre les eaux de pluie, ce réseau recevait un volume important d'effluents urbains dont les branchements ont été répertoriés et détournés du lac vers le réseau d'évacuation des eaux usées

Au cours des quatre années considérées des remaniements significatifs se sont produits dans le peuplement phytoplanctonique : ils concernent d'abord la composition floristique (Tab. II). Tandis que la participation des Chlorophycées diminue régulièrement, des réajustements importants s'opè-

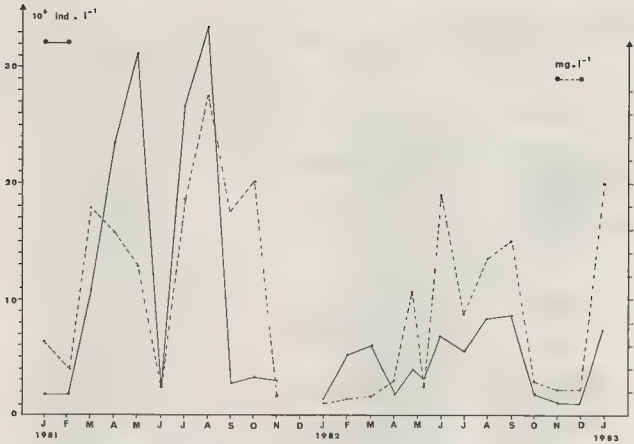


FIG. 1. — Fluctuations de la densité (.nd.l⁻¹) et de la biomasse (mg l⁻¹) du phytoplancton du lac de Créteil au cours des années 1981 et 1982

Chlamydomonas sp.

Chroomonas sp.

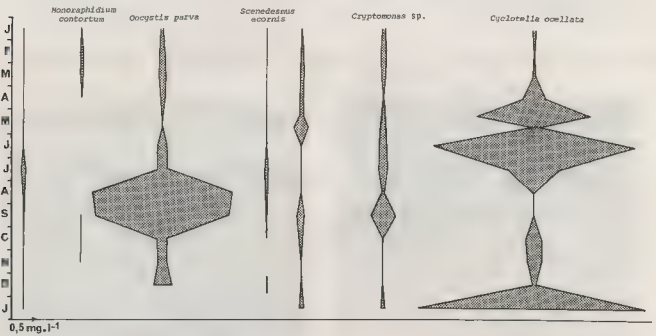


FIG. 2. — Évolution annuelle de la densité des principales espèces du lac de Créteil au cours de l'année 1981.

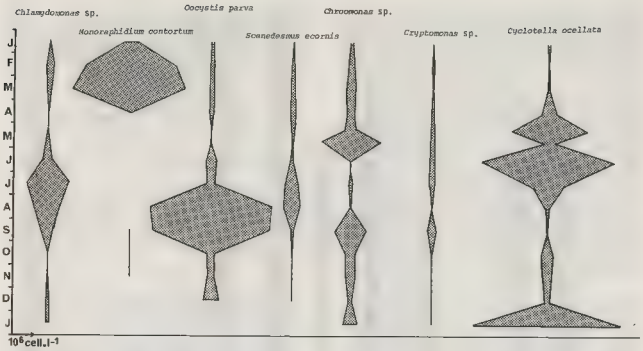


FIG. 3. — Évolution annuelle de la densité des principales espèces du lac de Créteil au cours de l'année 1982.

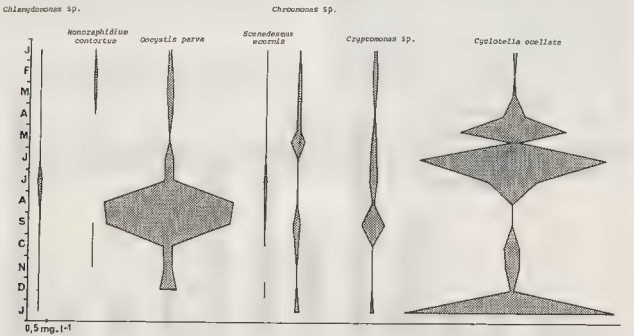


FIG. 4. — Évolution annuelle de la biomasse des principales espèces du Lac de Créteil au cours de l'année 1982

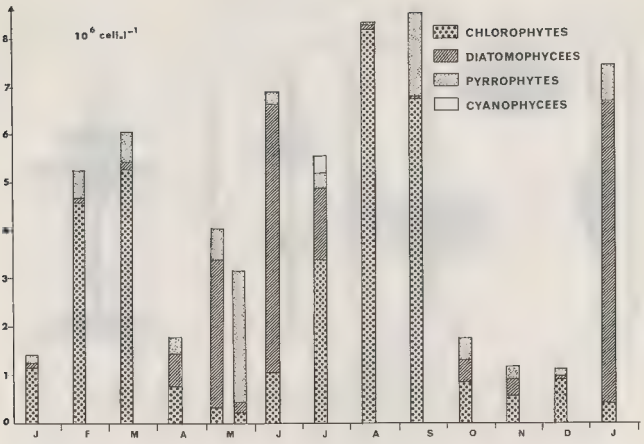


FIG. 5. — Variation annuelle de la densité cellulaire des groupes phytoplanctoniques du lac de Créteil au cours de l'année 1982.

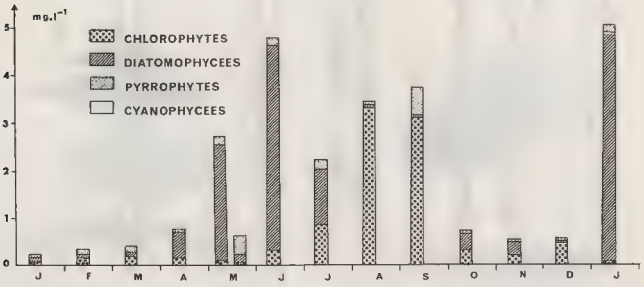


FIG. 6. — Variation annuelle de la biomasse des groupes phytoplanctoniques du lac de Créteil au cours de l'année 1982.

rent entre Diatomophycées et Cryptophycées. Ces dernières tendaient à remplacer les Diatomophycées de 1979 à 1981 ; mais un équilibre se rétablit dès 1982 entre les deux groupes au cours de l'année qui a suivi la réduction des apports pluviaux superficiels.

TABLEAU II

Moyenne des fréquences relatives des effectifs des différents groupes d'algues

	1979	1980	1981	1982
CHLOROPHYCÉES	61,2 %	69 %	54,2 %	53,2 %
DIATOMOPHYCÉES	28,4 %	11 %	6,6 %	28,1 %
CRYPTOPHYCÉES	8,4 %	19 %	37,6 %	18,2 %

L'année 1982 marque également une rupture dans l'évolution de la densité et de la biomasse du phytoplancton (Tab. III). Celles-ci progressent d'une manière indépendante de la teneur en chlorophylle jusqu'en 1981 et d'une manière relativement indépendante de la teneur en phosphore total (Tab. III). Par ailleurs, la transparence des eaux semble évoluer indépendamment de la concentration en phytoplancton. Ainsi s'observent les premiers symptômes d'une oligotrophisation apparente du lac de Créteil malgré une faible réduction de la charge en phosphore. Cette évolution des abondances phytoplanctoniques (cell.l^{-1}), biomasses phytoplanctoniques (mg.l^{-1} poids frais) et espèces dominantes dans le lac de Créteil de 1979 à 1982 est résumée dans le tableau IV.

En outre pendant cette période des changements significatifs de nature biocénotique sont observés : développement d'espèces nouvelles, changement dans la succession des groupes (TAB. IV).

Pendant l'année 1979, *Oocystis parva* (Chlorophycée de 113 μm^3) et *Cyclotella ocellata* (Diatomophycée de 392 μm^3) sont présentes toute l'année ; le développement maximal de la première se produit en septembre et celui de la seconde au printemps et en début d'été. Le rapport de densité entre ces deux espèces, d'après les valeurs maximales de leur développement, est de 1 à 7. *Cryptomonas* sp. (Cryptophycée), n'apparaît qu'en été, mais du fait de sa taille (2.530 μm^3), cette espèce représente une biomasse élevée (2,5 mg.l^{-1} en août, soit 71,5 % de la biomasse totale).

En 1980, *Monoraphidium contortum*, une petite Chlorophycée de 10 μm^3 qui se développe en hiver et au début du printemps, est l'espèce responsable en février de la valeur la plus élevée de densité annuelle (GARNIER et LESCHER-MOUTOUE, 1985). Les deux autres valeurs maximales de l'année sont aussi dues au développement des Chlorophycées, *Scenedesmus quadricauda* en mai, *Tetraedron minumum* en août, mais n'atteignent pas les valeurs estivales de l'année 1979. Les Chlorophycées montrent une certaine diversification entre 1979-1980. Les Diatomophycées (*Cyclotella ocellata*) tiennent une place moins importante que l'année 1979, elles ne dominent à aucun moment la population algale, mais présentent un maximum de développement en période hivernale, poussée précoce due sans doute à des conditions favorables, la température ayant atteint 6,5°C alors qu'elle ne dépasse en général pas 4°C pendant cette période.

Cryptomonas sp. (Cryptophycée) est présente tout l'été, mais ne devient abondante qu'au milieu de l'automne où elle est alors dominante. Son développement coïncide avec la valeur maximale de la biomasse annuelle. Cette poussée tardive des *Cryptomonas* sp. en fin octobre pourrait être expliquée, d'après GARNIER et LESCHER-MOUTOUE, (1985), par une exploitation des petites algues par le Copépode *Thermocyclops oithonoides*, ce qui aurait favorisé par la suite le développement des *Cryptomonas* sp. de grande taille.

L'année 1981 contraste fortement avec l'année précédente. *Oocystis parva* s'y retrouve au premier rang, présente tout au long de l'année, avec un maximum de développement toujours en période estivale (août) ; celui-ci correspond à la valeur maximale de densité observée pendant la période 1979-1982 (Fig. 1, 2). Le nanoplancton représenté par *Monoraphidum contortum* (10 μm^3) tend à régresser aussi bien en valeur absolue que relative malgré une poussée printanière. En revanche, les Cryptophycées (*Chroomonas* sp.) sont pour la première fois présentes dans le lac tout au long de l'année et augmentent en valeur relative de 20 % environ depuis 1979. Elles semblent être plus compétitives lorsque la teneur en phosphore est élevée. *Chroomonas* sp. devient très importante durant cette année, se développant bien en hiver et au

TABLEAU III

Valeurs maximales de densité algale, de biomasse et de concentration en chlorophylle a et moyennes du phosphore total et de la transparence au cours des années 1979-1982. Densité et biomasse en 1979 et 1980, d'après CARDINAL, 1981, 1983, GARNIER et LESCHER-MOUTOUE, 1985 ; concentration en chlorophylle a, transparence et phosphore total pendant les quatre années, d'après GARNIER, 1984 et données non publiées

	1979	1980	1981	1982
Densité algale	25,10^6 cell.l^{-1}	20,10^6 cell.l^{-1}	33,2.10^6cell.l^{-1}	8,5.10^6cell.l^{-1}
Biomasse (poids frais)	4,6 mg.l^{-1}	7 mg l^{-1}	6,86 mg.l^{-1}	4,75 mg.l^{-1}
Concentration en chlorophylle *a*	35 μg.l^{-1}	30 μl.l^{-1}	30 μg.l^{-1}	12,5 μg.l^{-1}
Phosphore total	30 μg.l^{-1}	49 μg.l^{-1}	55 μg.l^{-1}	43 μg.l^{-1}
Transparence (disque Secchi)	1 m	1,20 m	1,30 m	1,50 m

TABLEAU IV

Abondances, biomasses et espèces dominantes au cours des années 1979-1982

		1979	1980	1981	1982
HIVER :	janvier-mi-février				
	abondance	3.10^6	1.10^6	$1,8.10^5$	$1,4.10^6$
	biomasse	0,4	0,15	1,6	0,25
	Espèces dominantes	*Cyclotella ocellata* *Oocystis parva*	*Cyclotella ocellata* *Monoraphidium* *Contortum*	*Chroomonas sp.* *Cryptomonas sp.*	*Monoraphidium* *contortum*
	mi-février-mars				
	abondance	4.10^6	20.10^6	$10,8\ 10^6$	$5,6.10^6$
	biomasse			4,45	0,37
	Espèces dominantes	*Cyclotella ocellata* *Oocystis parva*	*Monoraphidium* *contortum* *Cyclotella ocellata*	*Chroomonas sp.* *Chryptomonas sp.* *Chlamydomonas sp.*	*Monoraphidium* *contortum*
PRINTEMPS :	avril				
	abondance	$0,3.10^6$	4.10^6	$23,8.10^6$	$1,7\ 10^6$
	biomasse			4	0,75
	Espèces dominantes	*Cyclotella ocellata* *Oocystis parva*	*Monoraphidium* *contortum* *Cyclotella ocellata*	*Chroomonas* sp. *Didymocystis* sp. flagellé incolore	*Cyclotella ocellata*
	mai				
	abondance	3.10^6	11.10^6	$30,9.10^6$	4.10^6
	biomasse	1,3	1,6	3,2	2,66
	Espèces dominantes	*Cyclotella ocellata*	*Scenedesmus* *quadricauda*	*Didymocystis sp.* *Chroomonas sp.* *Monoraphidium* *contortum*	*Cyclotella ocellata*
ÉTÉ :	août				
	abondance	$5,2\ 10^6$	$7,6.10^6$	$33,3.10^6$	$8,3.10^6$
	biomasse	3,5	4,2	6,9	3,4
	Espèces dominantes	*Cryptomonas* sp. *Cyclotella ocellata*	*Tetraedron minimum* *Cyclotella ocellata*	*OOcystis parva*	*Oocystis parvis*
	septembre				
	abondance	25.10^6		$2,8.10^6$	$8,5.10^6$
	biomasse	4		4,4	3,72
	Espèces dominantes	*Oocystis parva* *Cyclotella ocellata* *Chlamydomonas* sp.		*Cryptomonas* sp.	*Oocystis parva*
AUTOMNE :	octobre				
	abondance	$\simeq 3.10^6$	$6,7.10^6$	$3,3.10^6$	$1,8.10^6$
	biomasse		7	5	0,71
	Espèces dominantes	*Cyclotella ocellata* *Oocystis parva* *Chlamydomonas* sp	*Cryptomonas* sp. *Chroomonas* sp	*Cyclotella ocellata* *Oocystis parva*	*Oocystis parva* *Cyclotella ocellata* *Chroomonas* sp.

Pour 1979 d'après CARDINAL, 1983 ; pour 1980 d'après GARNIER et LESCHER-MOUTOUE, 1985.

printemps et en atteignant son maximum annuel de développement en avril-mai

En outre, sa longue durée de développement la situe au second rang après *Oocystis parva*, suivant un rapport de 1 à 3 (à partir des maximums), *Cryptomonas* sp. présente toujours son maximum de développement en fin d'été mais elle commence à faire partie aussi de la population hivernale et printanière en présentant sa première poussée en mars. Par sa grande taille elle contribue beaucoup à accroître la biomasse aussi bien en mars (60 % de la biomasse totale et seulement 15,3 % de la densité) qu'en septembre (94,3 % de la biomasse totale), ce qui explique la discordance des courbes de densité et de biomasse. La régression des Cryptophycées qui s'amorce dès le début de l'automne est alors compensée par la réapparition de *Cyclotella ocellata*. Celle-ci se développe davantage en octobre contrairement aux années précédentes. Le fait que *Oocystis parva* soit de nouveau au premier rang et que *Cyclotella ocellata* réapparaisse (dominance automnale) nous ramène à la situation de 1979.

L'année 1982 est marquée par une régression drastique des Cryptophycées au bénéfice des petites Chlorophycées (*Monoraphidium contortum*) en hiver, de *Cyclotella ocellata* au

printemps et d'*Oocystis parva* en été jusqu'au début de l'automne.

Les mêmes éléments dominants ne se retrouvent qu'en 1979, représentés par *Oocystis parva* et *Cyclotella ocellata*. *Oocystis parva*, présente tout au long de l'année, a son maximum pendant la même période que les années précédentes. Elle occupe une place prédominante et ses poussées coïncident donc avec les maximums densitaires de l'ensemble du phytoplancton. La valeur de son développement maximal est bien inférieure à celle des autres années (dans le rapport de 1 à 4 avec 1981 ; de 1 à 3 avec 1979).

Cyclotella ocellata, présente toute l'année, domine le peuplement en mai contrairement à ce qui s'était passé en 1980 —poussée précoce en hiver — et en 1981 — poussée en octobre —. Son importance, relativement à *Oocystis parva* à partir des maximums, évolue considérablement depuis 1979 et leur rapport de densité devient égal à 1. *Monoraphidium contortum* n'apparaît qu'en périodes hivernale et printanière et atteint son développement maximal en février-mars (comme en 1980) mais sans arriver aux valeurs élevées de l'année 1980 (rapport de 1 à 3). L'année 1982 présente donc au plan des successions de dominance — à l'exception de sa phase initiale à la fin de l'hiver (remplacement des Cryptophycées par *Monoraphidium contortum*) — les plus fortes affinités avec l'année 1979. S'agit-il là d'un processus cyclique déterminé par les facteurs physico-chimiques du milieu ? Ceci est peu vraisemblable car en janvier 1983 *Cyclotella ocellata* présente une nouvelle et considérable poussée (5 mg.l^{-1} pour 6,3.10^6 cell l^{-1})

Dans l'ensemble, les volumes des espèces communes augmentent progressivement de 1979 à 1982, à l'exception des *Cryptomonas* sp., *Chlamydomonas* sp. et *Scenedesmus ecornis*. *Monoraphidium contortum* et *Crucigenia quadrata* augmentent aussi par rapport à 1981. *Cyclotella ocellata*, *Chroomonas* sp. et *Scenedesmus quadricauda*, même si elles ont des valeurs supérieures en 1981, augmentent sensiblement depuis 1979. Les variations sont parfois considérables ; ainsi le volume de *Oocystis parva*, espèce la plus importante depuis 1979, change dans la proportion de 1 à 5 de 1979 à 1982 (TAB. V.). Il y a donc un changement de la structure en taille.

TABLEAU V

Evolution des biovolumes des espèces communes (μm^3) de 1979 à 1982 dans le lac de Créteil

	1979	1981	1982
Oocystis parva	113	181	533
Ankyra judayi	—	5,8	10
Monoraphidium convolutum	10	10	34
Monoraphidium minutum	17	28,3	106
Scenedesmus acuminatus	226	838	2.052
Scenedesmus acutus	—	1.508	2.356
Scenedesmus arcuatus	—	188	300
Flagellé incolore	—	37,7	51
Crucigenia quadrata	283	75	147
Monoraphidium contortum	11	5,8	10
Cyclotella ocellata	392	2.024	765
Chroomonas sp.	88	173	120
Scenedesmus quadricauda	252	1.357	308
Cryptomonas sp.	2.530	1.620	1.047
Chlamydomonas sp.	268	150	55
Scenedesmus ecornis	1.300	151	87

En 1982, le lac de Créteil peut être classé comme mésotrophe par sa composition floristique, caractérisée par l'abondance en Chlorococcales et en Diatomophycées centriques (HUTCHINSON, 1967), par les valeurs maximales de biomasse observées (VOLLENWEIDER, 1968), par les moyennes de densité algale (MARGALEF, 1983) et de concentration en chlorophylle *a* - 7,5 $\mu g.l^{-1}$- (SAKAMOTO, 1966).

En conclusion, sur la variabilité interannuelle du rapport maximum : minimum de la densité algale (10^6 cell.l^{-1}) nous obtenons :

1979 — 25 : 0,3 ▶ 83,3

1980 — 20 : 1 ▶ 20

1981 — 33,2 : 1,8 ▶ 18,4

1982 — 8,5 : 1,1 ▶ 7,7

Cette réduction des amplitudes coïncide avec un processus d'oligotrophisation confirmé par la réduction de la teneur en chlorophylle (GARNIER, 1984).

BIBLIOGRAPHIE

CARDINAL (C.), 1981. — *Composition, évolution et structure des populations phytoplanctoniques du Lac de Créteil (Val-de-Marne) abordées sous différents aspects* Thèse Doctorat 3ème cycle, Université Paris VI. 127 p.

CARDINAL (C.), 1983. — Composition et évolution saisonnière du phytoplancton du lac de Créteil (Val-de-Marne/France). *Rev. Sciences Eau*, 2, 2, 153-1972.

C.H.A.L.U.T , 1980. — *Faune et flore du Lac de Créteil (Val-de-Marne)*. Publ. Lab. Zool., E.N.S., Paris, 17, ISBN. 2-7288-0063-4, 78 p.

CHESTERIKOFF (A.), 1980. — *Étude de la qualité des eaux du Lac de Créteil.* Rapport Inst. Hydrol. Climat., Université Paris VI, 64 p

CHESTERIKOFF (A.), 1981. — *Étude de la qualité des eaux du Lac de Créteil*, Rapport. Inst. Hydrol Climat., Université Paris VI, 57 p.

CHESTERIKOFF (A.), CHEVREUIL (M.), LECOLLE (P.), GERDEAUX (D.) et TESTARD (P.), 1981. — *Écologie du Lac de Créteil.* Edit. Dep. Val-de-Marne, 79 p

GARNIER (J.), 1982. — *Production primaire d'une sablière (Lac de Créteil, Val-de-Marne). Étude de certains facteurs de contrôle.* Thèse Doctorat 3ème Cycle, Université Paris VI, 121 p

GARNIER (J.), 1983. — Production phytoplanctonique dans un lac de sablière (Lac de Créteil, France). *Acta Oecologica, Oecol. gen.*, 4, 115-129.

GARNIER (J.), 1984. — Évolution de la transparence et de la concentration en chlorophylle *a* des eaux d'une sablière (Lac de Créteil, région parisienne) au cours des quatre années (1979 à 1982). *Rev. Sciences Eau.* 3, 1, 73-83.

GARNIER (J.) et LESCHER-MOUTOUE (F.), 1985. — Successions saisonnières phyto-zooplanctoniques dans un écosystème lacustre peu profond (lac de Créteil, France). *Verh Internat. Verein Limnol*, 22, 996-1002

HUTCHINSON (G E.), 1967. — *A treatise on Limnology*. Vol. 2, J. Wiley & sons, Inc. N Y., 1100 p

LESCHER-MOUTOUE (F.) et BERTRAND (J.Y.), 1980. — Variations saisonnières des Crustacés planctoniques du Lac de Créteil (France). *C.R. 25e Congrès A.F.L.*, 157-169.

LESCHER-MOUTOUE (F.), 1984. — Structure, biomasse et production des Copépodes Calanoïdes d'un écosystème lacustre peu profond (lac de Créteil, France). *Acta Oecologia Oecol. gen.*, 5, 2, 91-108.

LOHMAN (H.), 1908. — Untersuchungen zur Feststellung des vollstandigen Gehaltes des Meeres an Plankton. *Wiss. Meeresunters., Abt. Kiel*, N F., 10, 132-170.

MARGALEF (R.), 1983. — *Limnologia*, ed Omega, Barcelona, 1010 p.

MONTESANTO (B.), 1984. — *Dynamique des peuplements phytoplanctoniques des deux sablières de la vallée de la Seine.* Thèse Doctorat 3ème cycle, Université Paris VI, 143 p.

SAKAMOTO (M.), 1966. — The Chlorophyll amount in the euphotic zone in some japanese lakes and its significance in the photosynthetic production of Phytoplankton community. *Bot. Mag Tokyo*, 79, 77-78

TESTARD (P.), 1983. — Le lac de Créteil (région Parisienne) : un lac de sablière peu profond. *In* : M. LAMOTTE & F. BOURLIÈRE ed., *Problèmes d'Écologie : Écosystèmes Limniques*, Masson, Paris, 113-159.

UTERMOHL (H.), 1958. — Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 9, 1-38.

VOLLENWEIDER (R A.), 1968. — *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters. With particular references to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication* Organ. Econ. Coop. Dev. Rep. Paris.

STRUCTURE DES PEUPLEMENTS INTERTIDAUX D'ANNÉLIDES POLYCHÈTES DE L'ESTUAIRE DU BOU REGREG (Maroc)*

par Patrick GILLET

Laboratoire de Zoologie et d'Écologie Marine,
Institut de Recherche Fondamentale et Appliquée — 49005 ANGERS Cedex

MOTS-CLÉS : Estuaire - Polychètes - Peuplements.

RÉSUMÉ
(Travail original)

*Dix ans après la construction du barrage en amont de l'estuaire du Bou Regreg, vingt trois nouvelles espèces d'Annélides Polychètes ont été rencontrées dont trois nouvelles pour le Maroc : **Phyllodoce macrophthalma**, Nereis succinea et Arenicola claparedi. L'analyse permet de distinguer quatre types de peuplements annélidiens dans la zone intertidale : les uns sur substrats durs de l'embouchure avec **Eulalia viridis** et **Nainereis laevigata** comme espèces dominantes et les autres à Nerine cirrratulus et Nereis diversicolor sur substrats meubles. Une comparaison avec les principaux estuaires atlantiques montre une augmentation de la richesse spécifique du Nord vers le Sud.*

KEY-WORDS : Estuary - Polychaeta - Populations.

SUMMARY
(Original scientific paper)

Structure of intertidal polychaeta biocenosis from the Bou Regreg estuary (Morocco)

*Ten years after the building of the barrage upstream, twenty three new species of Annelida Polychaeta were found with : **Phyllodoce macrophthalma**, **Nereis succinea** and **Arenicola claparedii** new for Morocco. The analysis provides four types of intertidal Polychaetous populations : the first ones on rocky sediments with **Eulalia viridis** and **Nainereis laevigata** and the last ones with **Nerine cirratulus** and **Nereis diversicolor** on sandy beaches. A comparison with others atlantic estuaries shows an increase of specific richness from the North to the South atlantic ocean*

INTRODUCTION

L'estuaire du Bou Regreg, situé sur la côte atlantique marocaine entre les villes de Rabat et Salé, s'étend sur environ vingt-cinq kilomètres (FIG. 1). Plusieurs études ont été réalisées avant la construction du barrage Sidi Mohammed Ben Abdallah en 1974. ELKAÏM (1972 a) étudia les facteurs physiques et chimiques de l'estuaire, puis la faune invertébrée benthique (ELKAÏM, 1972 b, c, 1974). Ces travaux ont donné lieu à trois publications ultérieures : sur les unités indicatrices infralittorales (ELKAÏM, 1976 a), sur les unités indicatrices peu liées à l'étagement ou médiolittorales (ELKAÏM, 1976 b) et sur les unités indicatrices supralittorales ou en position supralittorale (ELKAÏM, 1977).

DIX ans après la mise en service du barrage, l'étude des facteurs physiques et chimiques et des peuplements annélidiens de la zone intertidale avait pour but d'évaluer les modifications pouvant résulter de l'augmentation de la salinité (GILLET, 1986). La structure des peuplements est comparée avec celle d'autres estuaires de la côte atlantique, en particulier de France et du Portugal

* Reçu le 6 avril, accepté le 5 janvier 1988

I — MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT ET CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS

Le marnage de trois mètres trente est suffisamment important pour que la zone intertidale soit prospectée par basse mer de vives eaux. Neuf stations, réparties le long de l'estuaire en fonction de la nature du substrat, de la salinité et de leur intérêt faunistique, ont été suivies mensuellement d'octobre 1983 à décembre 1984.

L'échantillonnage au hasard stratifié (FRONTIER, 1983) permet de prendre en compte l'hétérogénéité du milieu due aux variations temporelles et à la zonation. La détermination de la surface minimale, réalisée selon la méthode de PICARD (1965), a permis de retenir 0,25 m². Quatre prélèvements élémentaires sont effectuées, au hasard, dans la haute slikke, à mi-slikke et dans la basse slikke soit 12 prélèvements par station, 108 prélèvements mensuels, donc au total 1.620 prélèvements pendant les quinze mois de l'étude. Le matériel récolté est tamisé sur tamis de 1 mm de vide de maille puis conservé dans le formol à 10 %.

Les conditions moyennes pour l'année 1984, rassemblées dans le tableau I, permettent de distinguer des sédiments envasés dans la partie moyenne de l'estuaire (médiane du sédiment = 140 μ). Dans la partie externe de l'estuaire on ne rencontre que des substrats durs : digue de rochers, platier rocheux et épi rocheux (constitué par l'éboulis d'une ancienne digue émergeant d'un substrat meuble conférant à cette station un caractère mixte). En amont, on trouve au niveau d'une ancienne plateforme fossile, un sédiment plus grossier dont la médiane se situe entre 500 et 600 μ. La température moyenne augmente de l'embouchure vers l'amont, les eaux marines étant plus

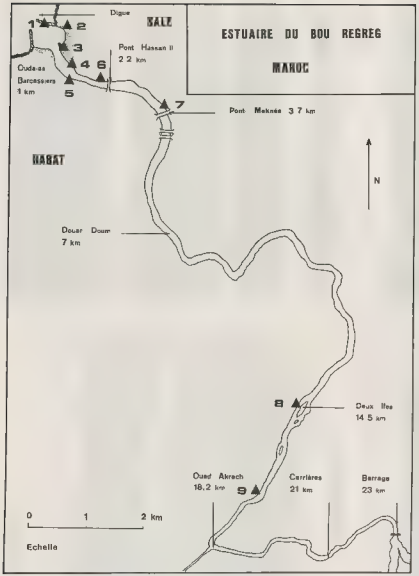


FIG. 1. — Localisation des stations dans l'estuaire du Bou Regreg (Maroc).
Station 1 : digue de rochers ; station 2 : platier rocheux ; station 3 : épi rocheux ; station 4 : plage des Barcassiers ; station 5 : plages des Oudaias ; station 6 : slikke du pont Hassan II ; station 7 : slikke du pont de Meknès ; station 8 : deux îles de la héronnière ; station 9 : confluent de l'oued Akrech.

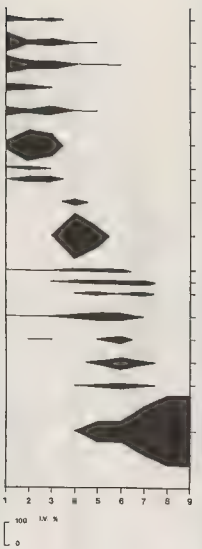


FIG. 2. — Évolution de l'importance Value (I.V. %) des dix-huit espèces de Polychètes les plus importantes.

TABLEAU I

Variations des caractéristiques physiques et chimiques des 9 stations de l'estuaire (Moyenne annuelle, année 1984)

STATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Médiane du sédiment (μ)	—	—	—	200	180	150	140	500	600
Température (°C)	17,6	19,6	18,0	18,4	18,6	18,8	19,3	20,8	20,9
pH	7,48	7,94	7,42	7,49	7,40	7,35	7,34	7,21	7,24
Salinité (10^{-3})	33,5	33,5	33,5	32,2	32,5	33,6	32,7	22,2	20,8

froides que les eaux fluviales sauf l'hiver où le gradient thermique est inversé. La salinité totale diminue vers l'amont mais demeure élevée jusqu'à vingt kilomètres où elle atteint encore $20{,}8\ 10^{-3}$ en raison du barrage qui supprime les apports fluviaux et en particulier les crues. Le pH diminue légèrement de l'aval vers l'amont.

II — RÉSULTATS

Les prélèvements effectués d'octobre 1983 à décembre 1984 ont permis la récolte de 27.643 Polychètes réparties en 63 espèces (31 Polychètes errantes et 32 Polychètes sédentaires, **Serpulidae** exclus). Les effectifs les plus élevés sont observés pour *Nereis diversicolor* (6.969), *Nainereis laevigata* (6.673), *Nerine cirratulus* (4.002), *Audounia tentaculata* (2.312) et *Eulalia viridis* (2.014) (Tableaux II et III). Les effectifs les plus importants sont ceux de la station 2 du platier rocheux et ceux de la station 5 de la slikke des Oudaias. Les variations mensuelles montrent un pic en automne (3.254) et au printemps (1.678) alors qu'on observe une baisse en hiver (887) et en été (1.501) c'est-à-dire aux périodes où les conditions climatiques sont les plus rudes

1 — *IMPORTANCE DES ESPÈCES*

CURTIS et McINTOSH (1951) ont défini l'Importance Value (I.V.) d'une espèce comme la somme de la densité, de la fréquence et de la dominance relatives :

I.V. % = De. rel. + F. rel. + Do. rel. avec :

$$\text{De. rel.} = \frac{Na}{Na + Nb + \ldots + Ni} \times 100$$

$$\text{F. rel.} = \frac{Fa}{Fa + Fb + \ldots + Fi} \times 100$$

$$\text{Do. rel.} = \frac{Da}{Da + Db + \ldots + Di} \times 100$$

I.V. varie de 0 à 300 % et représente l'importance d'une espèce dans le peuplement, l'espèce ayant la plus forte importance Value étant considérée comme espèce «leader» de ce peuplement. Ainsi *Eulalia viridis* (I.V. = 82,5 %) est leader du peuplement de la station 1 ; alors que *Nainereis laevigata* (I.V. = 129,7 et 101,6 %) domine les peuplements des stations 2 et 3 sur substrats rocheux (Fig. 2). *Nerine cirratulus* (I.V. = 202,2 %) est le «leading dominant» de la station 4. Cette espèce est également leader de la station 5 avec *Nereis diversicolor* (I.V. = 86,8 %). Ensuite *Nereis diversicolor* est le leader des peuplements des stations 6, 7, 8 et 9 (I.V. = 76,9 ; 210,2 et 300 %). Les espèces leaders des différents peuplements ont toujours une Importance Value supérieure à 75 % ce qui traduit une forte structure de dominance, puisqu'une espèce représente environ 1/4 du peuplement. Parmi ces espèces, on rencontre généralement une espèce non signalée avant la construction du barrage : *Nainereis laevigata* (stations 2 et 3) ; *Mysta picta* (station 4) ; *Heteromastus filiformis* et *Malacoceros fuliginosus* (station 6). En suivant les variations spatiales de l'Importance Value des espèces on peut distinguer quatre types de peuplements :

— un premier groupe d'espèces au niveau des substrats durs de l'embouchure avec *Arenicola grubei*, *Eulalia viridis*, *Audouinia tentaculata*, *Typosyllis prolifera T. varieagata*, *Lumbrineris impatiens*, *Nainereis laevigata*, *Perinereis marioni* et *Platynereis dumeriilii*

— un second groupe sur substrats meubles de mode battu où l'hydrodynamisme est important et les rejets faibles avec *Nerine cirratulus* et *Nerine mesnili*.

— un troisième groupe d'espèces sur des sédiments pollués avec *Mysta picta*, *Glycera convoluta*, *Nephthys hombergii*, *Diopatra neapolitana*, *Heteromastus filiformis*, *Nereis diversicolor*, *Malacoceros fuliginosus* et *Capitella capitata* espèces indicatrices de milieux perturbés.

— enfin un dernier groupe où seule *Nereis diversicolor* est présente (stations 8 et 9).

2 — *AFFINITÉ CÉNOTIQUE*

L'analyse en mode Q, qui regroupe des stations ayant des relevés proches (liste des espèces), a été effectuée à l'aide du coefficient cénotique de JACCARD. Les différentes valeurs de ce coefficient sont rassemblées dans une matrice de similitude à partir de laquelle est construit le dendrogramme inter-stations (Fig. 3). L'algorithme utilisé a été le suivant :

TABLEAU II

Abondance des Polychètes de la zone intertidale (octobre 1983 à décembre 1984, stations 1 à 9)

ESPÈCES \ STATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Lepidonotus clava	1	2	3							6
**Polynoe scolopendrina*			4							4
Stenelais boa			3			9				12
**Bhawania goodei*			3							3
**Phyllodoce macrophthalma*			1							1
Eulalia viridis	1167	387	457	1	1	1				2014
Eumida sanguinea	1	11								12
**Mystia picta*	1	15	2	21	13	11				63
**Ophiodromus flexuosus*			4			2	2			
Sylliz gracilis	2	23	43							68
Typosyllis hyalina	1	1								2
Typosyllis vittata	1									1
T. profilera T. variegata	366	281	45							692
**Odontosyllis ctenostoma*		1								1
Nereis falsa		22	17	1						40
Nereis zonata	13	1	1							15
**Nereis irrorata*	1		1			1				3
Nereis diversicolor				8	1512	267	651	2182	2349	6969
**Nereis succinea*						1				1
Perinereis cultrifera	2	9	2							13
Perinereis olivorae		5								5
Perinereis marioni	5	137	42							184
Platynereis dumerilii	12	449	300							761
Nephthys hombergii				2	26	1	9			38
Nephthys cirrosa				3	3					6
Glycera convoluta			3	9	51	22	13			98
Glycera alba		5	7	1	1	2				16
**Marphysa sanguinea*			2							2
Diopatra neapolitana					11	41	2			54
Lubrineris impatiens	314	98	609	1	4					1026
**Arabella iricolor*			6							6
**Nainereis laevigata*	281	4165	2227							6673
**Malacoceros fuliginosus*			1		4	208				213
Nerine cirratulus				2388	1614					4002
**Nerine bonnieri*				1						1
Nerine mesnili				75						75
Aonides oxycephala		1	5		1	6				13
Scoloplos ciliata		1			8					9
Polydora hoplura					3					3
Polydora ciliata					2					2
Polydora antennata					9	2				11
Polydora ligerica					1					1
**Streblospio dekhuyzeni*					10		6			16
Magelonna papillicornis				1						1
Chaetopterus variopedatus			1		2					3
**Phyllochaetopterus socialis*					5					5
Audouinia tentaculata	1231	569	508		2	2				2312
**Audouinia filigera*			4							4
**Diplocirrus* sp.					1					1
Ophelia bicornis				3						3
**Heteromastus filiformis*			5		58	154	6			223
Capitella capitata	1	1	3	135	784	188	1			1113
**Arenicola claparedi*						41				41
**Arenicola grubei*	200	12	84							296
**Johnstonia clymenoides*			1							1
Owenia fusiformis					3		1			4
Sabellaria alveolata		56	22							78
Pectinaria koreni					11	97	5			113
Melinna palmata							1			1
Terebella lapidaria	16	14	265							295
Lamice conchilega			1			3				4
**Polycirrus pallidus tenuisetis*	1									1
Potamilla reniformis		1								1
TOTAL	3617	6267	4682	2650	4140	1059	697	2182	2349	27643

TABLEAU III

Variations mensuelles de l'abondance des Polychètes de la zone intertidale (octobre 1983 à décembre 1984, stations 1 à 9)

ESPÈCES \ MOIS	0	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Lepidonotus clava	2	1				1							1	1		6
**Polynoe scolopendrina*			1	1										1	1	4
Stenelais boa	9					1	1								1	12
**Bhawania goodei*	1													1	1	3
**Pyllodoce macrophthalma*								1								1
Eulalia viridis	117	69	116	61	185	217	250	153	114	79	66	45	104	207	231	2014
Eumida sanguinea						3	5	2	1	1						12
**Mysta picta*	12	8	3	1	1	11	2			1	2	2	6	7	7	63
**Ophiodromus flexuosus*				1			1		1			2		1	2	8
Syllis gracilis		1			1				1		4	6	1	13	41	68
Typosyllis hyalina	1											1				2
Typosyllis vittata								1								1
T. profilera T. variegata	43	60	72	28	39	55	69	13	1	16	13	26	97	75	85	692
**Odontosyllis ctenostoma*										1						1
Nereis falsa	1	1	1		1		4		1		7	7	2	10	5	40
Nereis zonata							12	2			1					15
**Nereis irrorata*	1												1	1		3
Nereis diversicolor	321	265	204	271	363	350	440	789	636	542	681	740	472	425	470	6969
**Nereis succinea*															1	1
Perinereis cultrifera	3		3	1		1	1			2		1			1	13
Perinereis oliverae								1				1	1	1	1	5
Perinereis marionii		4	13	15	9	13	11	27	15	6	4	16	23	23	5	184
Platynereis dumerilii	348	45	19	7	1	10	9	2	1	5	53	47	90	86	38	761
Nephtys hombergii	4			2	2	2		1	3	3	3	2	3	6	7	38
Nephtys cirrosa	3	1			1											6
Glycera convoluta	20	9	3	1	4	2	1	5	1	7	7	9	11	9	9	98
Glycera alba	2	1		2	1					2	4	1	2		1	16
**Marphysa sanguinea*				1											1	2
Diopatra neapolitana	25	4	2	3	1	2	2	2	1	2	3		2	4	1	54
Lumbrineris impatiens	52	36	55	27	67	53	35	30	25	33	55	73	131	130	224	1026
**Arabella iricolor*		1		1	1		1						1		1	6
**Naineris laevigata*	195	144	193	181	151	186	228	354	220	445	552	541	1526	870	887	6673
**Malacoceros fuliginosus*	2						1	1			5	1	27	46	130	213
Nerine cirratulus	137	217	173	128	130	376	177	129	400	242	242	254	401	601	395	4002
**Nerine bonnieri*					1											1
**Nerine mesnilii*	2	2	3	2	4	8	3	4	6	5	3	2	10	12	9	75
Aonides oxycephala		1	1				5	1			2	2			1	13
Scololepis ciliata				1			2					1		1	4	9
Polydora hoplura								2			1					3
Polydora ciliata									2							2
Polydora antennata	2	.	2	1		3		1				1				11
Polydora ligerica									1							1
**Streblospio dekhuyzeni*	6			1	1				1		1		4	2		16
Magelonna papillicornis									1							1
Chaetopterus variopedatus								1			2					3
**Phyllochaetopterus socialis*														1	4	5
Audouinia tentaculata	788	132	245	96	135	197	88	53	43	54	81	29	133	106	132	2312
**Audouinia filigera*	1					1					1		1			4
**Diplocirrus sp.*						1										1
Ophelia bicornis								1	2							3
**Heteromastus filiformis*	16	9	9	11	8	18	14	45	14	10	13	14	9	18	15	223
Capitella capitata	54	120	75	18	9	179	82	6	27	17	15	58	79	256	118	1113
**Arenicola claparedii*							2				2	1	14	11	11	41
**Arenicola grubei*	40	5		1			116	22	3	4	12	8	53	17	15	296
**Johnstonia clymenoïdes*					1											1
Owenia fusiformis											1		1	2		4
Sabellaria alveolata	7	23	3		1	26	2		1	2	2	1	2	6	2	78
Pectinaria koreni	20	5	1	2	2	7	1	6		3	19	3	12	19	19	113
Melinna palmata															1	1
Terebella lapidaria	17	12	17	22	16	24	13	22	15	18	15	28	34	23	19	295
Lanice conchilega	1				1	1	1									4
**Polycirrus pallidus tenuisetis*									1							1
Potamilla reniformis													1			1
TOTAL	2254	1176	1214	887	1137	1748	1578	1678	1537	1501	1865	1924	3254	2992	2898	27 643

dh, ij = 0,625 dh i + 0,625 dh j - 0,25 d ij.

L'algorithme avec β = -0,25, le plus utilisé, est celui recommandé par LANCE et WILLIAMS (1967).

Les stations sont rangées dans l'ordre des salinités décroissantes c'est-à-dire de l'embouchure vers le barrage. Le dendrogramme permet de séparer quatre groupes de stations :

— le premier groupe est formé par les stations 1, 2 et 3 des substrats durs de l'embouchure, où la salinité moyenne est de 33.5-3 (L'affinité entre les stations 1 et 2 est de 0,62 et de 0,44 entre le groupe 1 - 2 et la station 3). L'affinité plus faible de la station 3 peut s'expliquer par le caractère mixte du sédiment constitué d'un ébouli rocheux dans un substrat meuble.

— le second groupe est formé des stations 4, 5, 6 et 7 des substrats meubles (plages et slikkes), où la salinité varie de 33 6 à 32.7.10-3 et la médiane du sédiment de 140 à 180 μ. (L'affinité entre les stations 5 et 6 est de 0,44 et de 0,31 entre le groupe 5 - 6 et la station 7). L'affinité de la station 4 (0,19) étant très faible on peut envisager l'hypothèse selon laquelle cette station constituerait un troisième groupe distinct : elle diffère par un hydrodynamisme important et la médiane du sédiment est plus élevée (M = 200 μ).

— le dernier groupe est constitué par les stations 8 et 9 de la partie amont de l'estuaire où le sédiment est plus grossier (médiane du sédiment comprise entre 500 et 600 μ) et la salinité faible (secteur fluvio-marin).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1								
2	0.62	1							
3	0.44	0.51	1						
4	0.19	0.19	0.17	1					
5	0.12	0.19	0.22	0.23	1				
6	0.14	0.19	0.32	0.25	0.44	1			
7	0.03	0.03	0.1	0.18	0.32	0.35	1		
8	0	0	0	0.04	0.06	0.05	0.17	1	
9	0	0	0	0	0.04	0.06	0.05	0.17	1

FIG. 3. — Matrice de similitude et dendrogramme inter-stations.

3 — *STRUCTURE DES PEUPLEMENTS*

a) Diversité spécifique

La diversité spécifique (Figs. 4 et 5) est calculée à partir de l'indice de SHANNON (LEGENDRE et LEGENDRE, 1979) :

$$ISh = -\sum_{i=1}^{n} pi \log_2 pi$$

la diversité maximum : D. max. $= \log_2 N$

et l'équitabilité : $E = \frac{ISh}{D.\ max.}$

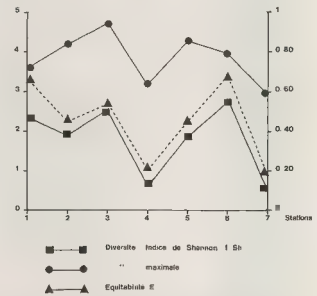


FIG. 4 — Évolution des caractéristiques générales des peuplements annélidiens intertidaux : Diversité (Indice de SHANNON ISh), Diversité maximale (D max.) et Equitabilité (E.).

La richesse spécifique varie de 11 à 34 (moyenne = 21) selon les stations, non comprises les stations 8 et 9, où l'on ne trouve que *hereis diversicolor*. Les valeurs les plus faibles sont observées à la station 7 où les Polychètes ne forment plus un peuplement abondant et à la station 4 où l'hydrodynamisme sélectionne un nombre limité d'espèces. Les variations saisonnières peuvent être importantes, allant de 23 à 39 espèces (moyenne 30). La diversité spécifique varie de la même manière de 0,55 à 2,55 (moyenne 1,81). La diversité la plus forte est observée au niveau de la station 3 en raison du caractère mixte de cette station. Elle varie également selon les saisons de 2,42 en été, période où les espèces leaders dominent les peuplements, à 3,32 à la fin de l'automne. L'équitabilité varie de 0,18 (station 7) à 0,68 (station 6) avec un pic à la fin de l'automne et une chute à la fin de l'hiver et à la fin de l'été.

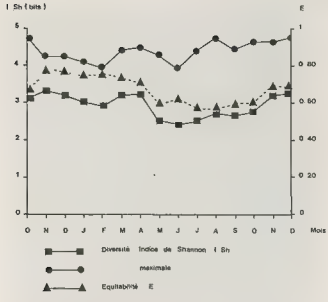


FIG. 5. — Variations mensuelles des caractéristiques générales des peuplements annélidiens intertidaux : Diversité (Indice de SHANNON ISh), Diversité maximale (D max.) et Equitabilité (E.).

b) Distributions d'abondance et diagrammes Rang - Fréquence

L'un des inconvénients majeurs des indices de diversité est l'importance accordée aux espèces rares. Lorsque l'effectif d'une espèce varie peu, la variation correspondante de l'indice de diversité est d'autant plus importante que la fréquence de l'espèce considérée est faible. Les effectifs les plus faibles, soumis aux erreurs d'échantillonnage, n'affectent les diagrammes rang - fréquence que dans les queues de traçé (FRONTIER, 1983), c'est-à-dire dans la partie non prise en considération (Fig. 6). Cependant, si les diagrammes rang -fréquence sont de puissants outils pour l'analyse structurale

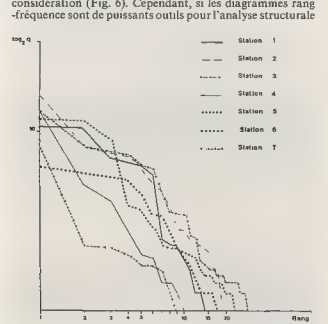


FIG. 6. — Diagrammes Rang - Fréquence des peuplements annélidiens intertidaux des stations 1 à 7 de l'estuaire.

des peuplements, ils ne peuvent être intégrés au sein d'une analyse quantitative ; il est donc nécessaire d'envisager des ajustements à un modèle de distribution d'abondance (Fig. 7).

Pour la station 1 on observe une courbe proche du stade 3 défini par FRONTIER (1983), ce qui traduit la maturité de ce peuplement. Les stations 2 et 3 se situent probablement à un stade intermédiaire : leurs peuplements n'ont pas atteint la maturité maximale. La station 4 présente une allure linéaire caractéristique du stade 2 ; l'hydrodynamisme, facteur limitant, empêche la déposition des particules les plus fines et aboutit à une réduction du nombre des espèces. Les stations 5 et 6, proches du stade 3, montrent des peuplements ayant atteint leur maturité. Seule la station 7 présente un stade 1, caractéristique de l'état pionnier du peuplement de cette station.

III — DISCUSSION

Le présent travail porte à 89 le nombre d'Annélides Polychètes (**Serpulidæ** inclus) rencontrées dans l'estuaire, soit 23 espèces supplémentaires par rapport à la liste d'ELKAIM (1972b, c, 1974) dont *Phyllodoce macrophthalma, Nereis succinea* et *Arenicola claparedii* qui sont nouvelles pour le Maroc. Certaines familles n'étaient pas représentées dans l'estuaire : **Hesionidae, Orbinidae, Chloraemidae, Arenicolidae** et **Maldanidae**. A l'inverse une espèce telle que *Alkmaria romijni* (AMOUREUX et ELKAIM, 1972) a totalement disparu de l'estuaire

FAUVEL (1928, 1936) avait récolté 226 espèces le long des côtes marocaines et estimait la faune entre 400 et 500 espèces. La faune de l'estuaire représenterait près de 1/5 de la faune marocaine. Elle est plus riche que la faune du lagon de Témara, situé à douze kilomètres au sud de Rabat, qui compte 61 espèces (AMOUREUX et GANTES, 1976) et que les plages voisines de Skhirat et de Medhia qui ne comptent que 14 espèces de Polychètes (BAYED, 1982). Dans l'estuaire du Tage (Portugal) AMOUREUX et CALVARIO (1981) puis CALVARIO (1984) ont signalé 25 espèces de Polychètes. Dans l'estuaire de la Gironde, BOUCHET *et al.* (1976) rencontrait 4 espèces seulement, puis BACHELET *et al.* (1978, 1979, 1981) 21 espèces. Lors d'une étude bionomique de l'estuaire de la Loire MARCHAND (1972) a signalé la plupart des espèces, puis le MAGUERESSE et GRUET (1976) ont rencontré trois espèces supplémentaires, auxquelles s'ajoute *Lepidonotus squamatus* présent dans les bassins à flots du port de Saint-Nazaire (GRUET *et al.*, 1978), ce qui porte à douze le nombre d'espèces signalées. On remarquera que la richesse spécifique diminue du sud vers le nord puisqu'on passe de 89 espèces dans l'estuaire du Bou Regreg à 12 seulement dans la Loire. Le même gradient avait été observé pour le rapport Production/Biomasse chez *Nereus diversicolor* (GILLET, 1986). L'augmentation de la richesse peut s'expliquer par la position géographique, par la variété des types sédimentaires et par une charge polluante moins importante en raison de l'industrialisation peu poussée et l'absence d'activité portuaire.

ELKAIM (1974, 1976 b) considérait les sables essorés à *Nerine cirratulus* comme unité indicatrice médiolittorale. La répartition et les densités de cette espèce sont tout à fait semblables à celles observées par l'auteur qui trouvait des densités comprises entre 320 et 390 individus/0,25 m². *Nereis diversicolor*, unité indicatrice infralittorale, principalement répandue dans les sédiments pollués ou déssalés et dans les vases molles jusqu'à vingt kilomètres environ, a conservé la même aire de répartition. Cependant, alors que les densités

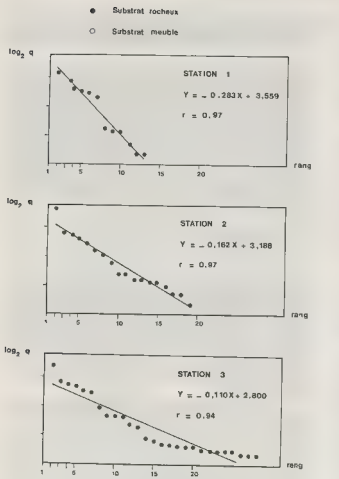
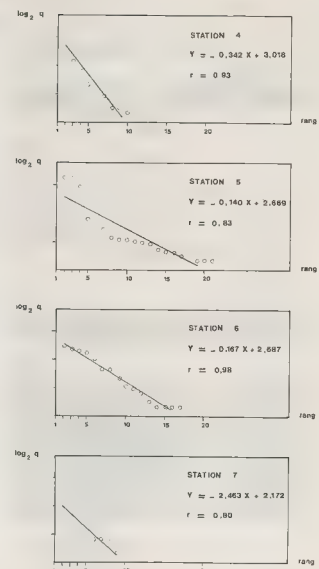


FIG. 7. — Distribution d'abondance des peuplements annélidiens intertidaux des stations 1 à 7 de l'estuaire

observées par ELKAIM (1974, 1976 a) pouvaient varier de quelques individus à 347 pour 1/16 m² à Douar Doum et même 1047 pour 1/16 m² aux Oudaïas, on a observé depuis des densités beaucoup plus homogènes et n'atteignant jamais ces valeurs extrêmes. Cette situation s'explique par l'absence de crues depuis l'installation du barrage ; ces crues avaient un effet destructeur sur les peuplements (ELKAIM, 1974) ; une plus grande stabilité des facteurs physiques et chimiques a certainement augmenté la compétition entre des espèces devenues plus nombreuses. La coexistence de *Nerine cirratulus* et *Nereis diversicolor* signalée par ELKAIM (1974) n'est pas rare. BACHELET (1979) rencontre le même phénomène dans l'estuaire de la Gironde au niveau de la station V1 du Verdon. A Saint-Brévin Plage, dans la partie externe de l'estuaire de la Loire, ces deux espèces coexistent avec *Arenicola marina* (non publié). L'explication par une dessalure paraît peu vraisemblable car dans l'estuaire du Bou Regreg la salinité a fortement augmenté après la construction du barrage et dans l'estuaire de la Loire le recreusement du chenal a également entraîné une élévation de la salinité au-delà de Nantes, obligeant à déplacer la station de pompage de la ville. La coexistence de *Nerine cirratulus* et de *Nereis diversicolor* semble liée à un envasement croissant et constituerait une transition entre un peuplement à *Nerine cirratulus* de mode battu et un peuplement à *Nereis diversicolor* de mode abrité dans les vases à *Scrobicularia plana*. En raison des variations



de la distribution spatiale, en particulier au moment du recrutement (GILLET, 1986), il est difficile de préciser si *Nerine cirratulus* et *Nerine mesnilli* sont séparées ou mêlées de façon permanente. CHERKAOUI (1986), qui a étudié la dynamique des populations de *Nerine cirratulus* sur les plages de Skhirat, poursuit actuellement une thèse sur cette espèce dans l'estuaire du Bou Regreg. Sur les plages proches de Rabat, BAYED (1982) observait pour *Nerine cirratulus* une dominance supérieure à 95 % et une Importance Value de 164,3 % dans l'étage médiolittoral, en tenant compte des mollusques et crustacés.

Dans l'estuaire de la Gironde, les espèces les plus fréquentes (dont 17 sur 21 appartiennent à la zone intertidale) sont : *Nephthys hombergii* (95,4 %), *Heteromastus filiformis* (77,3 %), *Nereis diversicolor* (50 %) et *Streblospio dekhuyzeni* (31,8 %). La richesse spécifique est beaucoup plus importante dans l'estuaire du Bou Regreg que dans celui de la Gironde où elle décroît de 11,3 à 9,6 vers l'amont (BACHELET, 1979)

Dans l'estuaire du Tage, CALVARIO (1984) distinguait trois zones : une zone marine (salinité supérieure à 30.10⁻³) à *Nerine bonneri* et *Nephthys cirrosa*, une zone estuarienne

(salinité comprise entre 5 et 30.10⁻³) à *Nereis diversicolor* et une zone de dessalure (salinité inférieure à 5.10⁻³) où dominent les Oligochètes et les Achètes. Cette dernière zone n'existent pas en aval du barrage. Dans l'estuaire de la Gironde, BACHELET (1979) a également établi plusieurs zones : l'une à *Nephthys hombergii*, suivie d'une zone à *Nereis diversicolor* remplacée ensuite par *Nereis succinea*. Cette dernière espèce est également présente dans l'estuaire de la Loire (MARCHAND, 1972) mais en aval de *Nereis diversicolor* (situation inverse de l'estuaire de la Gironde).

Les modèles de distribution d'abondance, appliqués à l'étude des communautés benthiques par AMANIEU *et al.* (1981) et SANZ (1986) par exemple, furent utilisés ensuite pour l'étude de communautés benthiques vivant dans des sédiments pollués. Dans de telles zones, les diagrammes rang - fréquence correspondent au stade 1 (FRONTIER, 1985) tandis que dans les zones non polluées, ils correspondent généralement au stade 2. Dans l'estuaire du Bou Regreg, le stade I est observé au niveau de la station 7 où le peuplement annélidien atteint sa limite d'expansion et se déstructure. Dans la zone polluée, au niveau de la station 5 et 6 principalement, on observe une distribution de type 2. Ces résultats sont en accord avec ceux d'ARFI et PATRITI (1987) qui ont montré par une analyse des diagrammes rang - fréquence de zooplancton soumis à une pollution urbaine que les stations les plus destructurées n'étaient pas forcément les plus polluées.

CONCLUSION

L'analyse permet de distinguer quatre types de peuplements intertidaux. Sur les substrats durs de l'embouchure, deux peuplements dominés par *Eulalia viridis* et *Nanereis laevigata* sont caractéristiques de cet estuaire. Sur substrats meubles, les deux peuplements dominés par *Nerine cirratulus* et *Nereis diversicolor* sont retrouvés dans la plupart des estuaires atlantiques. Il apparaît que la richesse spécifique augmente du nord vers le sud et que *Nereis diversicolor*, espèce typiquement estuarienne, est commune à tous les estuaires atlantiques.

L'augmentation de la salinité, due à la construction du barrage, a profondément modifié la composition faunistique, sans changer la répartition des peuplements qui sont liés plus étroitement aux types sédimentaires qu'à la salinité.

Les peuplements annélidiens de la zone intertidale atteignent leur état de maturité près de l'embouchure puis se désorganisent vers l'amont en raison de la faible pénétration de la plupart des espèces d'Annélides Polychètes. La destructuration des peuplements n'apparaît pas forcément liée à la pollution mais peut résulter de conditions hydrodynamiques intenses qui entraînent une forte sélection des espèces ou de la dominance d'une ou quelques espèces qui pullulent en général à la fin de l'été

BIBLIOGRAPHIE

AMANIEU (M.), GONZALES (P.L) et GUELORGUET (O.). 1981. — Critères de choix d'un modèle de distribution d'abondance. Applications à des communautés animales en écologie benthique. *Acta Oecologea Oecol Gener.* 2 (3), 265-286

AMOUREUX (L.) et CALVARIO (J.), 1981. — Annélides Polychètes du Portugal. Données nouvelles *Publ. Mus. e Lab. Zool Antro.*, 1, n°12, 147-155.

AMOUREUX (L.) et ELKAIM (B.), 1972. — *Alkmaria romijni* Horst 1919 ; Un **Ampharetidae** (*Annelida Polychaeta*) nouveau pour les côtes marocaines *Bull Soc. Sci. nat. phys. Maroc*, **52**, 73-83.

AMOUREUX (L.) et GANTES (H.), 1976. — Annélides Polychètes du lagon de Témara. *Bull Soc. Zool. France*, **101** (2), 191-198.

ARFI (R.) et PATRITI (G.), 1987. — Impact d'une pollution urbaine sur la partie planctonique d'un système néritique (Marseille - Cortiou) *Hydrobiologia*, **144**, 11-23.

BACHELET (G.), 1979. — Les peuplements macrobenthiques de l'estuaire de la Gironde : évolution annuelle des paramètres démographiques. *J. Rech. Océanogr.*, **4** (1), 3-13.

BACHELET (G.) et BOUCHET (J.M.), 1978. — Les peuplements macrobenthiques de la slikke marine de l'estuaire de la Gironde. Premiere approche quantitative. *J. Rech. Océanogr.*, 3 (1), 17 p

BACHELET (G.), BOUCHET (J.M.) et LISSADE (J.P.), 1981 —Les peuplements benthiques dans l'esutaire de la Gironde : biomasse, production et évolution structurale *Océanis*, **6** (6), 593-620

BAYED (A.), 1982. — Écologie descriptive et dynamique des plages de la région de Rabat (Maroc). *Thèse Doct. 3eme cycle Univ. Brest*, 122 p.

BOUCHET (J.M.), CASTEL (J.) et SORBE (J.C.), 1976. — Particularités biologiques d'un site estuarien : l'estuaire de la Gironde. *Rapp. E.D.F.*, 400-406.

CALVARIO (J.), 1984. — Étude préliminaire des peuplements benthiques intertidaux (substrats meubles) de l'estuaire du Tage et sa cartographie. *Publ Mus. e Lab. Zool. Antro.*, **2** (11), 187-207.

CHERKAOUI (E.), 1986. — Aspect de la dynamique des populations de *Nerine cirratulus* (Delle Chiaje) (Annelida Polychaeta) à Skhirat - Plage - Maroc. *C.E.A. Univ. Rabat*, 40 p

CURTIS (J.T.) et MACINTOSH (R.P.), 1951. — An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. *Ecology* **32** (3), 476-495

ELKAIM (B.), 1972 a. — Contribution à l'étude écologique d'un estuaire atlantique marocain : l'estuaire du Bou Regreg. *Bull. Soc Sci. nat. phys. Maroc*, 131-339.

ELKAIM (B.), 1972 b. — Polychètes de l'estuaire du Bou Regreg. *Bull. Soc. Sci. nat. phys. Maroc*, **52**, 181-195

ELKAIM (B.), 1972 c. — Inventaire d'espèces nouvelles ou peu signalées dans divers estuaires du Maroc. *Bull. Soc. Sci. nat phys. Maroc*, **52**, 205-208.

ELKAIM (B.), 1974. — Contribution à l'étude écologique d'un estuaire atlantique marocain : l'estuaire du Bou Regreg. *Thèse Doct. d'État Univ. Bordeaux*, 250 p.

ELKAIM (B.), 1976 a. — Bionomie et écologie des peuplements d'un estuaire atlantique marocain : l'estuaire du Bou Regreg. I. Unités indicatrices infralittorales. *Vie et Milieu*, **26** (1B), 107-169.

ELKAIM (B.), 1976 b. — Bionomie et écologie des peuplements des substrats meubles d'un estuaire atlantique marocain : l'estuaire du Bou Regreg. II. Unité indicatrices peu liées à l'étagement ou médiolittorales. *Vie et Milieu*, **26** (2B), 199-241.

ELKAIM (B.), 1977. — Bionomie et écologie des peuplements d'un estuaire atlantique marocain : l'estuaire du Bou Regreg. III Unités indicatrices supralittorales ou en position supralittorale *Vie et Milieu*, **27** (1B), 27-83

FAUVEL (P.), 1928. — Annélides Polychètes nouvelles du Maroc *Bull. Soc. Zool. France*, **53** (9), 13 p.

FAUVEL (P.), 1936. — Contribution à la faune des Annélides Polychètes du Maroc. *Mém. Soc. Sci. nat. phys. Maroc*, 63, 1-43.

FRONTIER (S.), 1983. — *Stratégies d'échantillonnage en écologie*. Masson, Paris, 494 p.

FRONTIER (S.), 1985. — Diversity and structure in aquatic ecosystems *Oceanogr. Mar. Biol Ann Rev.*, **23**, 253-312

GILLET (P.), 1986. — Contribution à l'étude écologique des Annélides Polychètes de l'estuaire du Bou Regreg (Maroc). *Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille III*, 215 p

GILLET (P.), 1987. — Bioaccumulation du cuivre et du zinc chez *Nereis diversicolor* (Annélides Polychète) de l'estuaire du Bou Regreg (Maroc). *Cah. Biol. Mar.* 28 : 339-350.

GRUET (Y.), MAILLARD (Y.) et MARCHAND (J.), 1978. — Étude écologique des bassins à flots du port de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique). *Bull. Ecol.* **9** (2), 157-168

LANCE (G.N.) et WILLIAMS (W.T.), 1967. — A general theory of classification sorting strategies. Hierarchical systems. *Comp. J.*, **9**, 373-380.

LEGENDRE (L.) et LEGENDRE (P.), 1979 — *Écologie numérique*. 1. — *Le traitement des données écologiques*. Masson, Paris, 197 p.

LE MAGUERESSE (A.) et GRUET (Y.), 1976. — Étude d'avant-projet sur le site de Corsept (Loire-Atlantique). *Rapp. C.N.E.X.O.*, 155 p.

MARCHAND (J.), 1972. — Bionomie benthique de l'estuaire de la Loire. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, **36**, 47-67.

PICARD (J.), 1965. — Recherches qualitatives sur les biocénoses des substrats meubles de la région de Marseille. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **39** (25), 239-243

SANZ (A.), 1986. — Évolution des paramètres de structure des peuplements annélidiens des fonds infralittoraux situés au large du bassin d'Archachon. *Cah. Biol. Marc.*, **27**, 133-152.

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE LA CONTAMINATION DES OEUFS DE FAUCON PÉLERIN (*FALCO PEREGRINUS*) ET LANIER (*FALCO BIARMICUS*) PAR LES PRODUITS ORGANOCHLORÉS EN TUNISIE

par Mohamed Ridha DRISS*, Latifa MAHMOUD**, Lotfi BHARI** et Mohamed Larbi BOUGUERRA*

* *Département de Chimie. Faculté des Sciences. Campus Universitaire le Belvédère 1060 — TUNIS (Tunisie)* (Adresser toute correspondance à M L.B.)

** *École Nationale de Médecine Vétérinaire — SIDI THABET (Tunisie)*

MOTS-CLÉS : Faucon - Oeufs - Pesticides organochlorés - PCB - Chromatographie en phase gazeuse

KEY-WORDS : Peregrine falcon - Lanner falcon - Eggs - Organochlorine pesticides - PCBs - Gas chromatography.

RÉSUMÉ (Travail original)

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse (CPG) des extraits d'une série de 33 oeufs de Faucon prélevés en 1983 dans cinq massifs montagneux du nord de la Tunisie révèle la présence de résidus de pesticides organochlorés (O.C.) et de biphényles polychlorés (PCB)

C'est la première fois à notre connaissance qu'une telle étude est faite sur des rapaces de Tunisie

La purification des extraits d'oeufs a été effectuée selon deux protocoles distincts. L'analyse en CPG a été faite sur deux colonnes remplies de polarité différente et les résidus détectés ont été en outre confirmés au moyen de tests chimiques

En ce qui concerne les résidus de pesticides organochlorés mis en évidence dans ce travail, le DDT et ses métabolites fournissent les teneurs les plus élevées. Néanmoins, le niveau de contamination semble plus faible que celui constaté en Europe.

Pour les PCB, les teneurs résiduelles moyennes sont d'une part relativement plus fortes que celles des pesticides O C et d'autre part elles sont comparables aux niveaux de contamination outre Méditerranée

SUMMARY (Original scientific paper)

Preliminary study of tunisian falcon's eggs contamination by organochlorine compounds

Gas chromatography analysis of the extracts of a series of 33 falcon's eggs gathered during 1983 in North Tunisia mountains shows organochlorine peticide residues as well as PCBs occurrrence. To the best of our knowledge, this is the first time that such a study is performed on Tunisia falcons.

Extracts purification was made by means of two distinct procedures Gas chromatography analysis was performed on two filled columns of different polarity and detected residues were furthermore confirmed by chemical tests. DDT and its metabolites share the highest contents. Nevertheless, the contamination levels seem lesser than European ones. However, PCBs mean concentrations are somewhat higher than those of pesticides and are more or less comparable to the concentrations reported from North of the Mediterranean

1 — INTRODUCTION

Les résidus des pesticides O.C et de PCB représentent à l'heure actuelle des composés chimiques rémanents largement répandus dans les divers compartiments des écosystèmes (EHRLICH *et al.*, 1977). Pour les pesticides, le DDT et ses métabolites (DDE et DDD) le BHC, le HCB et les cyclodiènes tels que l'heptachlore et la dieldrine (HEOD) sont parmi les micropolluants les plus fréquents du fait d'une intense utilisation dans le domaine agricole et sanitaire. Les PCB, abondamment utilisés depuis 1929 par l'industrie, notamment dans les appareillages électriques, sont des polluants majeurs préoccupants (REIJNDERS, 1986 ; HOFFMAN, 1987).

L'action néfaste des résidus O.C. sur les oiseaux est maintenant bien établie (NEWTON *et al.*, 1978 ; MORIARTY, 1983 ; DIAMOND, 1984). L'absorption continue et répétée de petites doses d'O.C entraînerait une intoxication chronique. Il en résulte une régression de certaines populations ; les espèces les plus touchées étant celles se trouvant au bout de la chaîne alimentaire comme les rapaces diurnes et nocturnes (RAPPE, 1979). Ainsi, en Suisse, la population du Faucon pélerin a diminué du fait des composés O.C de 75 % entre 1950 et 1968 (JUILLARD *et al.*, 1978). Elle aurait tendance à augmenter suite vraisemblablement à l'interdiction du DDT et des cyclodiènes (aldrine, endrine, dieldrine). Cependant, le Faucon pèlerin reste le rapace le plus contaminé de l'avifaune

* Reçu le 9 novembre 1987, accepté le 1er février 1988

de la Suisse romande : ses oeufs contiennent en effet en concentration importante, l'ensemble des pesticides O.C précités.

Certains auteurs, (DAMBIERMONT *et al.*, 1966) attribuent à l'accumulation des pesticides O.C dans le cerveau les troubles de comportement observés chez le Faucon pèlerin en période de disette du fait de la disparition des graisses et de la fixation sélective des composés O.C sur les composés lipidique du SNC.

Par ailleurs, de nombreux travaux ont démontré l'importance qualitative et quantitative des résidus O.C dans les oeufs de rapaces (ENDERSON *et al.*, 1968 ; JOIRIS *et al.*, 1973 ; KECK *et al.*, 1982 ; LINCER *et al.*, 1970 ; MONNERET, 1978 ; RATCLIFFE, 1970 ; SHILLING *et al.*, 1978). On voit ainsi que la contamination des Faucons est un bon indicateur de la santé des écosystèmes (BAUM *et al.*, 1978 ; MELLANBY, 1980).

Ainsi, dans le cadre de nos travaux portant sur la détection chromatographique des micropolluants (DRISS *et al.*, 1987 ; JEMAA *et al.*, 1986 ; SABBAH *et al.*, 1986 ; SABBAH *et al.*, 1987) il était intéressant d'utiliser comme bioindicateur ces rapaces, qui ne sont pas encore étudiés sous cet angle, dans notre pays. En effet, la littérature rapporte des résultats relatifs à la contamination des oeufs du Faucon pèlerin par les O.C. dans d'autres parties du monde ; à notre connaissance c'est la première fois que de telles données sont fournies pour le lanier.

En Tunisie, le pèlerin sédentaire habite tous les massifs montagneux au nord de la ligne Gafsa - Gabès. Les grandes falaises de la Dorsale tunisienne retiennent la majeure partie des effectifs mais on le trouve aussi dans des escarpements plus modestes (falaises maritimes de la côte nord et du Cap Bon, Mogods, Kroumirie et Monts de Téboursouk). Il est remplacé par le lanier en région désertique et pré-désertique. La population «nicheuse» est estimée à environ 250 couples.

Pour le Faucon lanier, les nicheurs tunisiens, sédentaires, se rattachent à la forme *erlangeri*, répartie dans toute l'Afrique du Nord. En Tunisie, le lanier a une densité plus forte et une répartition plus vaste que le pèlerin. Il est commun dans toutes les régions montagneuses. Moins exigeant que le pèlerin quant au choix de son site de nidification, il exploite toutes les ressources de son territoire. La population nicheuse est estimée à 350-400 couples

L'étude des oeufs de ces rapaces a permis d'explorer la présence des PCB dans l'espace tunisien suite à l'électrification des campagnes (transformateurs exclusivement aux PCB jusqu'en 1985) et aux nouvelles réalisations industrielles. Elle a aussi autorisé une évaluation préliminaire de l'impact de l'usage de plus en plus fréquent et à grande échelle (coton, olivier) des pesticides dans l'agriculture, de celui des épandages des pesticides O.C dans la lutte antiacridienne (Dieldrine et HCH notamment), des campagnes d'éradication des moustiques et des mouches dans les agglomérations et aux alentours des grandes implantations touristiques et enfin de l'appréciation des retombées des anciennes campagnes antipaludéennes (HANAFI, 1977) qui ont fait appel à la DDT et à la dieldrine tout spécialement.

Nous avons étudié les résidus de pesticides O.C et de PCB dans 33 oeufs de Faucon pèlerin (*Falco peregrinus* Tunst.) et de Faucon lanier (*Falco biarmicus* Temm) prélevés dans les montagnes du nord de la Tunisie. Il s'agit, bien entendu, d'un travail préliminaire que nous nous proposons de poursuivre en dépit des difficultés inhérentes à la collecte du matériel.

2 — MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Prélèvements sur le terrain

Cinq couples de Faucon pèlerin et cinq couples de Faucon lanier ont été surveillés dès le début du mois de mars 1983 afin de prélever leurs premières pontes complètes dans des délais assurant une ponte de remplacement. Les sites de prélèvement sont designés par des numéros sur la carte de la figure 1. Le matériel analysé se compose de 33 oeufs provenant des localités suivantes :

— Site n°1 : Jebel Oueslat (Kairouan) : 3 oeufs de pèlerin et 4 oeufs de lanier ,

— Site n°2 : Jebel Laouache (Bèja) : 2 oeufs de pèlerin et 5 oeufs de lanier ;

— Site n°3 : Jebel Fkirine : 3 oeufs de pèlerin et 4 oeufs de lanier ;

— Site n°4 : Jebel Zaghouan (Zaghouan) : 4 oeufs de chaque espèce ;

— Site n°5 : Jebel Ressas (Tunis) : 4 oeufs de lanier.

Les oeufs prélevés ont été conservés au congelateur (-20°C) jusqu'à leur traitement au laboratoire

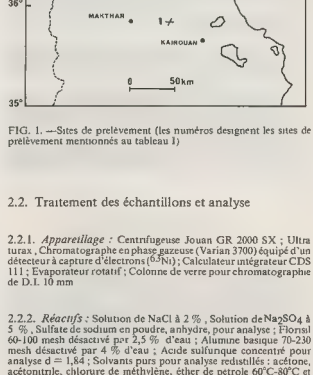


FIG. 1. —Sites de prélèvement (les numéros designent les sites de prélèvement mentionnés au tableau I)

2.2. Traitement des échantillons et analyse

2.2.1. *Appareillage :* Centrifugeuse Jouan GR 2000 SX ; Ultra turax , Chromatographe en phase gazeuse (Varian 3700) équipé d'un détecteur à capture d'électrons (^{63}Ni) ; Calculateur intégrateur CDS 111 ; Evaporateur rotatif ; Colonne de verre pour chromatographie de D.I. 10 mm

2.2.2. *Réactifs :* Solution de NaCl à 2 % , Solution de Na_2SO_4 à 5 %, Sulfate de sodium en poudre, anhydre, pour analyse ; Florisil 60-100 mesh désactivé par 2,5 % d'eau ; Alumine basique 70-230 mesh désactivé par 4 % d'eau ; Acide sulfurique concentré pour analyse d = 1,84 ; Solvants purs pour analyse redistillés : acétone, acétonitrile, chlorure de méthylène, éther de petrole 60°C-80°C et n-hexane

Pour les pesticides organochlorés, on a utilisé les standards ALDRICH et FLUKA quant au PCB, ils provenennt de chez RHONE-POULENC.

2.2.3. *Mode opératoire*

Afin de conserver la coquille, le contenu de chaque oeuf a été prélevé par une petite ouverture pratiquée à mi-distance entre les deux bouts. Le jaune d'oeuf, où s'accumulent principalement les résidus O.C, est isolé de l'albumine. Avant l'analyse chromatographique, le traitement de l'échantillon débute par une extraction de la matière grasse suivie d'une purification

L'extraction des lipides est basée sur la méthode C.A.M. 1979. Initialement, le jaune d'oeuf est mélangé à une quantité de Na_2SO_4 anhydre environ égale à sa masse. La suite des opérations comprend : l'extraction en deux temps par un mélange de 200 ml d'hexane-acétone (4 : 1) en broyant à l'ultra turax, séparation des phases par centrifugation et par la suite lavage de la phase organique par 200 ml d'une solution aqueuse de Na_2SO_4 à 5 %.

La phase hexanique obtenue est purifiée selon deux modes différents : chaque mode est appliqué à une fraction de cette phase dont la charge en matière grasse est d'environ 250 mg

La première purification est basée sur la méthode AOAC (1980) utilisant la différence de partition de la matière grasse et les résidus O C entre l'hexane et l'acétonitrile. L'extrait obtenu est purifié sur

TABLEAU I

Contamination des oeufs du Faucun pèlerin et du Faucon lanier par les résidus de pesticides O.C. et de P.C B

X : Moyenne arithmétique ; G : Gamme ; F : Fréquence ; N.D. : non détecté ; H.E. : Heptachlore-époxyde ; Diel. : Dieldrine

(Teneurs exprimées en p.p.b. sauf pour les PCB en p p.m. par rapport à la masse totale de l'oeuf sans coquille)

Site	Espèce		αHCH	γHCH	δHCH	TOT.HCH	H.E	Diel.	HCB	p,p'DDE	p,p'DDD	p,p'DDT	TOT.DDT	PCB
1	Peregrinus	X	2,6	2,4	15,9	20,9	0,6	20,1	6,0	549,3	12,8	11,6	573,1	13,0
		G	1,3-	1,2-	2,5-		N.D-	18,5-	1,8-	192,0-	1,3-	0,7-		9,6-
			4,1	3,5	39,2		1,8	22,4	8,6	892,0	18,0	19,1		19,6
		F	3/3	3/3	3/3		2/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3		3/3
	Biarmicus	X	3,2	4,3	225,1	232,6	1,2	42,7	51,3	1717,7	32,7	50,8	1801,2	17,0
		G	1,2-	2,1-	121,3-		1,2-	26,6-	25,2-	1762,0-	4,7-	42,9-		12,3-
			6,3	8,0	489,7		2,0	70,1	65,9	2122,0	49,9	59,8		26,0
		F	4/4	4/4	4/4		3/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4		4/4
2	Peregrinus	X	0,8	3,6	33,0	37,2	3,5	52,9	19,9	894,1	N.D	N.D	894,1	17,3
		G	0,5-	2,7-	14,6-		3,2-	49,6-	15,2-	726,8-				17,1-
			1,1	4,5	51,3		3,8	56,2	24,7	161,5				17,5
		F	2/2	2/2	2/2		2/2	2/2	2/2	2/2				2/2
	Biarmicus	X	3,4	11,8	41,1	56,3	42,4	154,1	33,4	2776,4	42,9	189,6	3008,9	10,8
		G	N.D-	4,6-	132,2-		6,8-	9,6-	215,2-	2130,6	9,6-	118,6-		7,6-
			9,4	19,0	73,5		108,9	256,9	384,2	3422,7	86,8	295,7		15,4
		F	3/5	5/5	5/5		2/2	2/2	5/5	5/5	5/5	5/5		5/5
3	Peregrinus	X	6,2	29,8	169,9	209,5	19,6	126,0	29,1	495,5	14,6	14,4	524,4	10,8
		G	1,9-	18,8-	105,9-		2,2-	49,5-	24,1-	173,0-	7,0-	N.D-		5,4-
			9,4	46,8	244,0		3,7	214,6	35,2	825,4	23,4	34,0		14,7
		F	3/3	3/3	3/3		3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	2/3		3/3
	Biarmicus	X	0,3	1,9	123,0	125,3	1,1	57,4	687,2	550,9	7,5	18,5	576,9	10,5
		G	N.D-	N.D-	47,7-		N.D-	46,3-	1019,0-	309,6-	N.D-	N.D-		2,3-
			0,3	3,1	249,1		4,5	99,2	1166,7	1919,0	8,4	41,0		20,0
		F	3/4	3/4	4/4		1/4	4/4	4/4	4/4	2/4	3/4		4/4
4	Peregrinus	X	0,9	1,1	86,6	88,6	5,3	69,2	31,2	371,5	N.D	N.D	371,5	10,9
		G	0,3-	0,2-	79,2-		1,8-	59,4-	11,9-	173,0-				9,1-
			1,4	1,8	93,8		10,0	81,3	61,6	549,0				12,6
		F	4/4	4/4	4/4		4/4	4/4	4/4	4/4				4/4
	Biarmicus	X	6,3	8,5	135,8	150,6	11,8	62,2	75,6	1806,6	56,7	18,1	1881,7	19,1
		G	2,6-	6,7-	47,9-		5,6-	N.D-	25,2-	1229,6-	7,8-	11,3-		8,7-
			15,7	11,9	181,3		25,7	89,0	102,2	2702,0	103,4	25,6		25,8
		F	4/4	4/4	4/4		4/4	3/4	4/4	4/4	4/4	4/4		4/4
5	Biarmicus	X	1,7	5,6	54,9	62,2	8,2	98,2	24,9	1083,5	139,8	43,0	1266,3	68,7
		G	0,6-	3,1-	47,1-		5,9-	82,5-	18,5-	984,8-	48,1-	3,2-		50,6-
			4,0	9,7	63,4		10,4	114,2	33,4	1235,8	219,3	8,6		89,5
		F	4/4	4/4	4/4		4/4	4/4	4/4	4/4	4/4	4/4		4/4

Toutes les concentrations sont exprimées en ppb sauf pour les PCB où elle se lit en ppm

une colonne de florisil (désactivé à 2,5 % d'eau) avec 100 ml d'un mélange éluant hexane dichlorométhane (4 : 1). Le taux de récupération du HCB et des PCB ne dépasse pas les 60 % alors que pour les autres O C ce taux est supérieur à 90 %

La deuxième purification, basée sur la précipitation de la matière grasse par l'acide sulfurique, a été développée dans notre laboratoire, comme méthode rapide de purification, pour les extraits d'oeufs (DRISS *et al.*, 1987). A l'exception de la dieldrine instable dans l'acide sulfurique, le taux de récupération des résidus O C détectés est de l'ordre de 90 %.

La séparation des résidus de pesticides O.C et des résidus de PCB, dans les extraits purifies provenant des oeufs étudiés, est réalisée par une chromatographie sur colonne d'alumine basique (désactivée à 4 %)

2.2.4. *Analyse chromatographique des résidus O.C.*

L'analyse des résidus O.C est réalisée par chromatographie en phase gazeuse sur un appareil VARIAN 3700 équipé d'un détecteur à capture d'électrons (^{63}Ni). Toutes les analyses ont été effectuées sur deux colonnes remplies de polarité différente pour parer à toute coélution

Les conditions opératoires sont les suivantes

Spécification des colonnes

(I) Pyrex, 3,2 mm de diamètre extérieur, 184 cm de long et remplie avec la phase DC-200 à 3 % sur chromosorb WHP 100-120 mesh

(II) Pyrex, 3,2 mm de diamètre extérieur, 184 cm de long et remplie avec la phase 0V-120 à 3 % sur chromosorb Q 100-120 mesh

Température (°C) :
— colonne, 190
— detecteur, 300
— injecteur, 240
Gaz vecteur : Azote (qualité U), débit 60 ml.mn^{-1}.
Volume injecté : 2 à 6 µl

L'identification des composés se fait par comparaison des chromatogrammes obtenus à ceux de solutions étalons de pesticides ou de mélanges techniques de PCB (DP$_6$ pour · phénochlore à 60 % en chlore). Le calcul des concentrations en pesticides et en PCB est exprimé en ppm ou en ppb par rapport à la masse totale de l'oeuf sans coquille Il est réalisé par étalonnage externe à l'aide d'un intégrateur calculateur CDS 111. Un micro-ordinateur, Apple II, permet le stockage et le traitement des résultats d'analyse. Nous procédons en outre à une confirmation chimique des pesticides détectés. Celle-ci est réalisée au moyen des tests suivants

a) Le DDT, le DDD et le BHC par une déshydrochloration (SUSAN *et al.*, 1972).

b) La dieldrine par décomposition à l'acide sulfurique

c) Le DDE et le HCB par la p-value (BOWMAN, 1965).

3 — RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Remarques générales

Les résultats de nos analyses (tableau I) mettent en évidence une contamination générale des oeufs analysés par les composés O.C. mais à des teneurs variables en fonction :

— de l'espèce,

— du site de prélèvement,

— des divers composés détectés dans les oeufs d'une même ponte pour une région donnée.

Les fréquences des composés détectés, pour chacune des deux espèces sont résumées dans le tableau II. On voit ainsi que le β-HCH, le HCB, le DDE et les PCB contaminent tous les oeufs étudiés. On peut donc en conclure que ces composés sont probablement des contaminants importants en Tunisie.

3 2. Cas des PCB

Pour l'ensemble des résidus O C. évalués, la teneur résiduelle moyenne en PCB représente 94,35 % pour les oeufs du Faucon pèlerin et 87,89 % pour le Faucon lanier. Cette teneur est de 13,02 ppm pour le Faucon pèlerin avec les valeurs extrêmes suivantes : 10,80 ppm et 17,35 ppm. Pour le Faucon lanier, la valeur trouvée est plus importante encore soit une moyenne de 25,25 ppm avec les valeurs extrêmes suivantes : 10,53 ppm et 68,72 ppm.

Pour le Faucon pèlerin, le niveau de contamination dans nos échantillons est plus important que celui donné par RATCLIFFE (1970) en Grande Bretagne, soit une valeur moyenne de 2,08 ppm pour 19 oeufs. Cependant, nos valeurs se trouvent dans la gamme des résultats rapportés pour le Jura Français et Suisse (VENANT *et al.*, 1984) durant la période 1976-1980, soit les valeurs moyennes suivantes : 18,84 ppm pour 32 oeufs en 1978 et 11,96 ppm pour 11 oeufs en 1979. Le niveau de contamination du Faucon pèlerin en Tunisie se rapprocherait donc plutôt de celui du Jura Français et Suisse.

L'histogramme des PCB (Fig. 2) compare pour les deux espèces, les teneurs résiduelles moyennes de chaque ponte dans les différents massifs montagneux de prélèvement. Il se signale par une distribution moins tourmentée que ceux qu'exhibent les 4 autres composés O.C. Étudiant le HCB et

TABLEAU II

Fréquences, exprimées en pourcentage, des PCB et pesticides O.C détectés dans les oeufs du Faucon pèlerin et Faucon lanier

ESPÈCE	α HCH	γHCH	β HCH	HCB	DDE	DDD	DDT	H.E.	DIEL	PCB
peregrinus N = 12	100	100	100	100	100	50	41,6	83,3	100	100
biarmicus N = 21	85,7	95	100	100	100	90	90	80,9	99	100

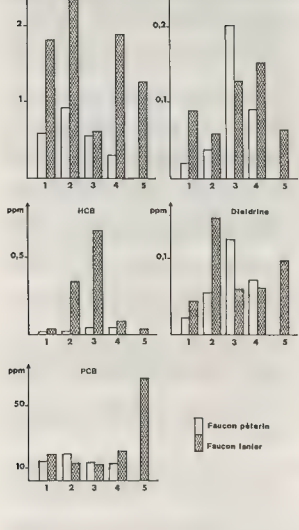


FIG. 2. — Histogrammes comparant les valeurs résiduelles moyennes en fonction des sites pour les 2 espèces

les PCB chez divers oiseaux, HEIDMANN (1986) a fait aussi ressortir la régularité du profil de distribution des PCB Lorsqu'on considère l'emplacement géographique ou l'espèce, on constate une différence de contamination peu significative pour les sites 1, 2, 3 et 4 là où l'analyse a été faite sur les oeufs des deux espèces. Par ailleurs, la teneur moyenne en PCB dans les oeufs du Faucon lanier dans le site 5 est environ 5 fois plus importante que la valeur moyenne des autres sites. Le couple de Faucon pèlerin du site 5 qui avait été choisi pour le prélèvement n'a pas pondu, bien que parades et accouplement aient été observés. Il se pourrait que cette absence de ponte, déjà signalée par certains auteurs, soit la conséquence du taux important de contamination en PCB comme tendraient à le prouver les oeufs de Faucon lanier de ce site. De plus, le site 5 est seulement à 30 km de la région de Tunis caractérisée, comparativement aux autres, par l'importance de son activité industrielle.

3.3. Cas des pesticides organochlorés

Le DDT et ses métabolites représentent la partie la plus importante du total des pesticides O.C. détectés soit en moyenne pour le Faucon pèlerin 61,65 % et 72,52 % pour le Faucon lanier. En ce qui concerne le DDT (total), le p,p'DDE représente le principal métabolite détecté soit 92,25 % en moyenne pour le Faucon pèlerin et 92,85 % pour le Faucon lanier. Les valeurs très faibles du p,p'DDD s'expliquent par le fait que la flore microbienne des oiseaux, contrairement à celle des mammifères, est incapable de réaliser cette biotransformation (PAUBEL, 1980). La teneur moyenne en DDE pour le Faucon pèlerin est de 0,577 ppm (avec un maximum de 1,061 ppm) et pour le Faucon lanier elle est de 1,586 ppm (avec un maximum de 3,422 ppm)

Dans nos échantillons, les teneurs en DDE pour le Faucon pèlerin sont plus faibles que celles déterminées en Amérique et en Europe entre 1968 et 1980 (CADE *et al.*, 1968 ; ENDERSON *et al*, 1968 ; LINCER *et al.*, 1970 ; RATCLIFFE, 1970 ; WALKER *et al* , 1973 ; LINDBERG *et al* , 1977 ; MONNERET, 1978 ; NEWTON *et al.*, 1978 ; SHILLING *et al.*, 1980 ; NYGARD, 1982 ; VENANT *et al.*, 1984). Par ailleurs, VENANT *et al.* (1984) attribuent la forte teneur en DDE dans les oeufs du Faucon pèlerin du Jura Français et Suisse aux espèces proies migratrices d'Afrique du Nord. Nos résultats ne vont pas dans le sens de cette hypothèse, mais les proies observées en Europe ne viennent pas forcément de Tunisie.

Les teneurs résiduelles des isomères α, γ et β du HCH (hexachlorocyclohexane) constituent en moyenne pour le Faucon pèlerin 11,34 % sur le total des résidus de pesticides O.C. évalués et 6,4 % pour le Faucon lanier. L'origine du HCH n'est pas à rechercher seulement du côté des espèces proies migratrices puisque ce produit est encore autorisé en agriculture et dans la lutte antiacridienne dans notre pays. La teneur moyenne du HCH (total) pour le Faucon pèlerin est de 88,06 ppb (avec un maximum de 269,8 ppb) ; pour le Faucon lanier elle est de 125,5 ppm (avec un maximum de 500,4 ppb). RATCLIFFE (1970) trouve des taux moyens de 230 ppb. Dans tous les oeufs analysés, le HCH est détecté essentiellement sous forme de l'isomère β-HCH, soit 82,7 % sur le total HCH pour le Faucon pèlerin et 87,15 % pour le Faucon lanier. La forte teneur du β-HCH, comparativement aux isomères α-HCH et γ-HCH, s'expliquerait par la différence des facteurs de concentration de ces produits dans la matière grasse de l'oeuf chez les oiseaux ; ce facteur est de 10 à 13 pour le β-HCH et il est égal à 2 pour le α et γ-HCH (PAUBEL, 1980)

Le HCB (hexachlorobenzène) est un fongicide de synthèse utilisé en agriculture essentiellement contre la carie du blé. De plus, ce pesticide est considéré comme une impureté obligatoire dans de nombreux produits industriels (HCB, 1986). A l'exception des sites 2 et 3 pour les oeufs du Faucon lanier, les teneurs résiduelles du HCB évaluées dans tous les oeufs sont plus faibles que celles des autres classes de pesticides O.C. Le taux du HCB constitue 2,9 % sur le total des résidus de pesticides O C. dans les oeufs du Faucon pèlerin et 12,8 % (moyenne élevée à cause des taux des sites 2 et 3) pour le Faucon lanier. Les teneurs moyennes trouvées pour le Faucon pèlerin soit 21,57 ppb et le Faucon lanier soit 234,6 ppb sont plus faibles que les valeurs trouvées dans le Jura Français et Suisse (VENANT *et al.*, (1984), preuve peut-être d'une utilisation moindre de ce produit dans notre pays. La teneur résiduelle évaluée des cyclodiènes (heptachlore époxyde et dieldrine) se classe à la suite de celle du DDT et ses métabolites. Les cyclodiènes consituent 14,4 % pour le Faucon pèlerin et 8,26 % pour le Faucon lanier sur le total des résidus de pesticides O.C. déterminés. Les teneurs relativement importantes de la dieldrine par rapport à celle de l'heptachlore époxyde, soit 67,5 ppb pour le Faucon pèlerin et 83ppb pour le Faucon lanier contre 7,5 ppb pour le Faucon pèlerin en heptachlore-époxyde et 14,3 ppb pour le Faucon lanier, s'expliquent par l'utilisation importante de ce pesticide sur l'olivier en Tunisie et lors des campagnes antipalu-

déennes des années 60 à la frontière algérotunisienne. En outre, l'heptachlore à notre connaissance non commercialisé en Tunisie, pourrait provenir des espèces proies migratrices. Dans nos échantillons, les concentrations en dieldrine sont faibles comparativement à celles rapportées par RATCLIFFE (1970) soit 13,67 ppm.

Les histogrammes (Fig. 2) permettent de comparer pour le HCH (total), le DDT (total), le HCB, la dieldrine et les PCB, en fonction des sites, les différences entre espèces. On voit aussi que les oeufs du Faucon lanier accusent d'une façon générale la plus grande surcharge en composés O.C., exception faite toutefois pour la dieldrine (sites 3 et 4), le HCH (site 3 uniquement) et les PCB (légère différence relevée pour le site 2 seulement), sites pour lesquels les oeufs du Faucon pèlerin sont plus contaminés. Étudiant le Faucon pèlerin, le Faucon crécerelle et la Chouette chevêche, VENANT *et al.* (1984) trouvent que le Faucon pèlerin était le plus contaminé. La plus forte contamination du Faucon lanier dans notre cas pourrait être attribuée à un régime beaucoup moins sélectif.

Pour le niveau de contamination des oeufs du Faucon lanier (résultats disponibles pour tous les sites) à travers les différentes localités, nous constatons :

— Pour les sites 2 et 3, comparativement aux autres régions, une différence de contamination significative par le HCB et la dieldrine. L'origine de cette différence pourrait être attribuée à l'activité agricole semblable pour ces deux régions : les céréales et l'olivier.

— Pour le DDT (total) et le HCH (total) la différence entre toutes les localités de prélèvement n'est pas assez significative. L'origine de ces contaminants est difficile à attribuer à ce stade. On peut penser aux espèces proies migratrices, au transport atmosphérique, à l'utilisation dans divers domaines tels que l'agriculture ou l'hygiène publique...

4 — CONCLUSION

La présente étude, la première du genre dans notre pays, met en évidence la contamination par les O.C. de l'avifaune de la Tunisie. Les teneurs trouvées impliquent une contamination de tous les niveaux trophiques intermédiaires, le Faucon lanier accusant cependant en général une plus forte surcharge que le Faucon pèlerin du fait probablement d'un régime alimentaire nettement moins sélectif. Les différences relevées entre les régions étudiées sont peu significatives en l'état actuel de l'étude sauf pour les PCB et le HCB.

Ces résultats préliminaires demandent cependant à être confortés par une étude plus étendue et par une comparaison minutieuse avec les travaux effectués ailleurs, sur le Faucon pèlerin notamment.

Remerciements

Ce travail n'a pu être réalisé que grâce à l'aide précieuse de la «Société des amis des oiseaux» de Tunisie.

BIBLIOGRAPHIE

BEROZA (M.) et BOWMAN (M.C.), 1965. — Identification of pesticides at nanogram level by extraction p. values. *Anal. Chem.*, **37**, 2, 291-292.

BAUM (F.) et CONRAD (G.), 1978. — Birds of prey as indicator of changing of environmental burden by chlornated hydrocarbons, *Tierärztliche Umschau*, p. 681-679.

CADE (T.J.), WITHE (C.M) et HANGH (J.R.), 1968. — Peregrines and pesticides in Alaska. *The condor*, **70**, 2, 170-178

COMITTEE FOR ANALYTICAL METHODS FOR RESIDUES OF PESTICIDES AND VETERINARY PRODUCTS IN FOODSTUFFS OF ANIMAL ORIGIN, 1979. — Determination of residues of organochlorine pesticides in animal fats and eggs. *Analyst*, 104, 425-433.

DAMBIERMONT (J L.), DEMARET (A) et FRANCOTTE (J.P.), 1966. — La reproduction du Faucon pèlerin en Belgique. *Aves*, 3, 103-110

DIAMOND (J.M.), 1984 — Possible effects of unrestricted pesticide use on tropical birds. *Nature*, 310 : 452.

DRAPER (C.I.), 1952. — The transfer of DDT from the food to eggs and body tissues of white leghorn *Poultry Sc*., 31, 388

DRISS (M R.) et BOUGUERRA (M L.), 1987. — Détermination rapide des résidus de polychlorobiphényles (PCB) et de pesticides organochlorés dans les oeufs. *Analusis*, 15, 361-365.

EHRLICH (P.R.), EHRLICH (A.H.) et HOLDEN (J.P.), 1977. —*Ecoscience*. FREEMAN (W.H) et CY ed., San Francisco

ENDERSON (J.H) et BERGER (D D.), 1968 — Chlornated hydrocarbon residues in peregrines and prey species from Northern Canada *The Condor*, 70, 149-153.

HANAFI (A.), 1977. — La lutte antipaludique Généralités-Historique de l'éradication du paludisme en Tunisie. *Thèse de Doctorat*, Faculté de Medecine et de Pharmacie de Tunis.

HEXACHLOROBENZENE, 1986, PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM. — MORRIS (C.R.) et CABRAL (J.R.P.) ed. Lyon, International Agency for Research on Cancer.

HEIDMANN (W.A.), 1986. — Hexachlorobenzene residus in selected species of land and sea birds in Northern Germany. In : *Proceedings of an International Symposium*, MORRIS (C.R) et CABRAL (J.R P) ed Lyon, International Agency for Research on Cancer.

HOFFMAN (D.J.), 1987. — Embryotoxicity, terato-genicity and aryl hydrocarbon hydroxylase activity in Forsters terns on Grenne bay Lake Michigan Wis. U.S.A. *Environ. Res.* **42** (1), 176-184.

JEMAA (Z.), SABBAH (S.), DRISS (M.R.) et BOUGUERRA (M L.), 1986. — Hexachlorobenzene in Tunisian Mothers'milk, cord blood and food stuffs In : *Proceedings of an International Symposium*, MORRIS (C.R.) et CABRAL (J R P.) ed. Lyon, I.A R C., 139-142.

JOIRIS (C.) et MARIENS (P.), 1973. — Teneur en pesticides organochlorés d'oeufs de rapaces récoltés en Belgique en 1971. *Aves*, **10** (3), 153-160.

JUILLARD (M), PRAZ (J.C.), ETOURNAUD (A) et BEAUD (P.), 1978.— Donnees sur la contamination des rapaces en Suisse Romande et leurs oeufs par les biocides organochlorés, les PCB et les métaux lourds. *Nos Oiseaux*, 34, 189-206

KECK (G), PAUBEL (P.), MONNERET (R.J.), 1982. — Organochlorine and mercury residues in peregrine falcon eggs in France *Bull. Environ. Contam Toxicol*., 28, 705-709.

LINCER (J.L.), CADE (T.J.) et DEVINE (J M), 1970. — Organochlorine residues in Alaskan peregrine falcons (*falco peregrinus* Tunstall), Roughlegged Hawks (*buteo lagopus pontoppidan*) and their preys. *Can. Field. Nat.*, 84, 255-263.

LINDBERG (P), 1977. — Pilgrimsfalk. In : Report from a peregrine conference held at Grimsö wildlife Research station, Sweden, *Swedsh Soc. Cons. Nature* Stockholm

MELLANBY (K.), 1980. —*The biology of pollution*. Edward Arnold ed. London, 58-59.

MONNERET (R.J.), 1978. — Projet pèlerin, management technique *Birds of prey*, 56-61.

MORIARTY (F.), 1983. — *Ecotoxicology* Academic Press New-York

NEWTON (I.) et BOCAN (J.), 1978. — The role of different organochlorine compounds in the breeding of british sparrowhawks. *J. of Applied Ecology*, 15, 105-116.

NYGARD (T.), 1982. — Pesticides residues and shell thinning in eggs of peregrines in Norway. *Comm Sem. Int. du CIPO*, Thessalonik.

OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE A.O.A.C. — 1980, 13e édition p. 466-474.

PAUBEL (P.), 1980. — *Le Faucon pèlerin en France*. Thèse Univ Claude Bernard de Lyon, Ecole Nationale Vétérinaire.

RAPPE (A.), 1979. — Pesticides et oiseaux : quelques données récentes. *Aves*, 18, 126-142.

RATCLIFFE (D.A.), 1970. — Changes attributable to pesticide in egg breakage frequency and eggshell thickness in some British Birds. *J. Appl. Ecol.*, 7, 1, 87-115.

RELINDERS (P.J.H.), 1986. — Reproductive failure in common seal feeding on fish from polluted coastalwaters. *Nature*, 324.

SABBAH (S.), DRISS (M.R.) et BOUGUERRA (M.L.), 1986. — Organochlorine pesticide residues in Tunisian foodstuffs. *The sixth international congress of pesticide chemistry*. IUPAC, Ottawa, Canada.

SABBAH (S.), JEMAA (Z.) et BOUGUERRA (M.L.), 1987. — Etude chromatographique des résidus de pesticides O.C. dans le lait maternel, le sang de cordon et le sang d'adulte. *Analusis*, 15, 399-403.

SHILLING (V.F.) et KONIG (C.), 1980. — Die Biozidbelastung des Wander falken (*Falco peregrinus*) in Baden — Wurttemberg und ihre Auswir Kung auf die Population sent Wicklung. *J.F. Orn.*, **121**, 1, 1-35.

SUSAN (J.V.), YOUNG et JERRY (A.), 1972. — Micro scale alkali traitment for use in pesticide residues confirmation and sample cleanup. *Bull Environ. Contam. Toxicol.*, **7**, 2/3, 160-167.

VENANT (A.), RICHOU-BAC (L.) et GLEIZES (E.), 1984. — Contamination des oeufs de rapaces par les hydrocarbures organochlorés entre 1974 et 1980. *Environmental Pollution* (série B), 7, 179-191.

WALKER (W.), MATTOX (W.G.) et RISEBROUGH (R.W.), 1973. — Pollutant and shell thickness determination of peregrine eggs from west Greenland. *J. of the Artic Inst.* of North America, **26**, 3, 255-256.

PREMIÈRE MISSION SCIENTIFIQUE À L'ILE DES PINGOUINS (Archipel Crozet)*

par Ph. DREUX, Y. FRENOT, P. JOUVENTIN, L. MASSÉ, O. VERDIER**

MOTS-CLÉS : Ile des Pingouins - Archipel Crozet - Expédition scientifique

KEY-WORDS : Penguins Island - Crozet archipelago - Scientific expedition.

RÉSUMÉ

L'île des Pingouins appartient au groupe occidental de l'archipel Crozet, dans la province subantarctique de l'Océan indien. Cette petite île volcanique était restée inexplorée jusqu'en 1986, date à laquelle fut organisée la première reconnaissance géologique et écologique. Cet article donne une brève description de l'île, un résumé des activités menées au cours de cette mission dans les principales disciplines ainsi que les observations climatologiques faites durant cette période. L'île des Pingouins apparaît très différente des autres îles de l'archipel.

SUMMARY

First scientific expedition to Penguins Island (Crozet Islands)

Penguins' Island lies at the west end of the Crozet archipelago, in the subantarctic province of the Indian Ocean. This small volcanic island remained unexplored until 1986 when we carried out the first geological and ecological survey there. This paper gives a brief description of Penguins' Island, a summary of the work undertaken in the major disciplines of ecology and geology, and includes the climatological data recorded during the expedition. Penguins' Island appears greatly different from the other islands of the group.

L'archipel Crozet, situé dans le sud de l'Océan Indien (46° de latitude sud, 50-52° de longitude est), appartient à la province biogéographique subantarctique. Il est constitué de deux groupes d'îles distants d'une centaine de kilomètres (Fig. 1) :

— le groupe oriental, le mieux connu, est formé de l'Ile de la Possession (150 km², 934 m) sur laquelle est établie depuis 1961 une base météorologique et scientifique permanente, et l'île de l'Est (130 km², 1050 m) qui a fait l'objet de plusieurs missions scientifiques.

— le groupe occidental compte l'île aux Cochons (70 km², 826 m), l'île la mieux connue de ce groupe, l'île des Pingouins, beaucoup plus petite, et les îlots des Apôtres.

Ces îles, de superficies très inégales, présentent en outre des différences importantes entre elles du point de vue de leur âge, de leur topographie, de leur hydrologie et, d'une manière générale, de la diversité de leurs milieux. Cela en fait donc pour les biologistes des sites privilégiés pour des études biogéographiques et écologiques. C'est dans ce cadre que nous avons été conduits à effectuer un bref séjour d'un mois sur l'île des Pingouins, du 14 novembre au 12 décembre 1986.

Cette île avait été signalée dès 1772 par Marion Dufresne lorsqu'il découvrit l'archipel. Il lui donna à cette époque le nom d'île Inaccessible et, de fait, il n'existe aucune plage ou grève sur laquelle une embarcation puisse aborder facilement. Cette difficulté d'accès a sans doute protégé l'île contre toute visite par les phoquiers (1) au XIXème siècle car nous n'avons retrouvé aucune trace de leur éventuel passage. Néanmoins, en 1982, quelques biologistes participant à la campagne PLURICRO purent débarquer pendant quelques heures. L'intérêt d'une étude plus approfondie de cette île, très différente des autres îles de l'archipel s'est alors révélé évident, et fut à l'origine de notre expédition. Celle-ci constitue donc le premier séjour sur cette île.

PERSONNEL ET LOGISTIQUE

La mission pluridisciplinaire comprenait six participants : Ph. BELLARD, médecin, Ph. DREUX, entomologiste, Y. FRENOT, biologiste des sols, P. JOUVENTIN, ornithologue, L. MASSÉ, botaniste et O. VERDIER, géologue. Aucun chef de mission n'avait été désigné.

Amenés depuis l'île de la Réunion par le navire océanographique «Marion Dufresne», chargé également du ravitaillement des bases françaises, nous avons pu débarquer la totalité du matériel par hélicoptère : trois cabanes préfabriquées, le matériel de radio et de santé, les vivres et le matériel scientifique. A l'issue du séjour, la totalité de ce matériel a pu être rembarqué, ainsi que les déchets, stockés en conteneurs plastiques, laissant l'île pratiquement telle que nous l'avions trouvée.

* Bien qu'il ne s'agisse pas d'un article au sens habituel du terme, la Rédaction a jugé intéressant de publier ce bref texte qui présente la première mission scientifique consacrée à une île pratiquement inconnue.

** Correspondance : Prof. Ph. DREUX, Laboratoire de Zoologie, Ecole Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 PARIS Cedex 05, FRANCE

(1) Ce sont ces chasseurs d'otaries et d'éléphants de mer, d'origine anglo-américaine, qui la baptisèrent **Penguin Island** (d'après Toponyme des Terres Australes, Commission Territoriale de Toponymie, 1973, p. 386). La traduction correcte de cette dénomination devrait donc être, en toute logique **Ile des Manchots**.

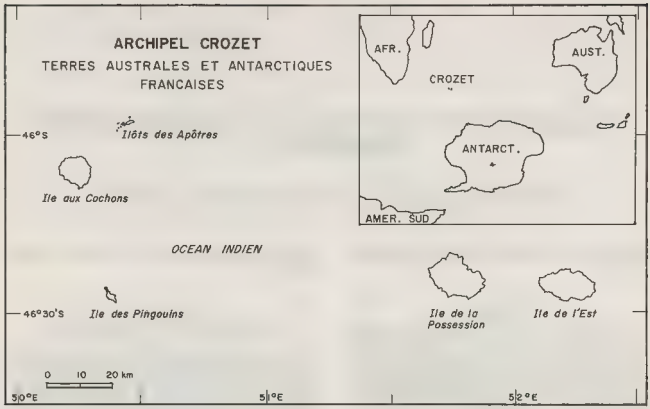


FIG. 1 — Archipel Crozet. Localisation géographique de l'archipel (cadre) et de ses différentes îles.

TOPOGRAPHIE

L'île (Fig. 2), extrêmement découpée et accidentée, présente sur une bonne partie de sa surface de grandes difficultés d'accès ; elle a cependant pu être assez largement parcourue. Elle est allongée suivant un axe N.O. - S.E. formant une ligne de crête sur sa bordure occidentale ; vers l'Est, les versants présentent une pente raide et régulière vers la mer. Au centre existe un plateau de très faible superficie, entre 300 et 350 m d'altitude. Dans sa plus grande longueur, l'île mesure environ 4 km et elle n'excède pas 1 km de large ; sa superficie est estimée à 3,16 km² ; son centre est approximativement situé par 46°25' de latitude S et 50°24' de longitude E.

La mission disposait par bonheur d'un projet de carte dressé par l'Institut Géographique National à partir de vues obliques prises d'hélicoptère. Le tracé topographique des côtes s'est révélé proche de l'exactitude ainsi que l'allure générale du relief, mais les cotes d'altitude avaient été quelque peu sous-estimées. Le point culminant, le Mont des Manchots, s'élève à 420 m, altitude plusieurs fois vérifiée par divers altimètres, alors qu'il n'est coté que 340 m sur le projet de carte IGN. L'ensemble du figuré des lignes de niveau devra être repris (l'équidistance actuelle des courbes de cette carte étant en réalité de 12 m).

GÉOLOGIE

L'Ile des Pingouins représente le flanc nord-est d'un volcan dont les 4/5ème ont sombré en mer, par suite de l'extension des fonds océaniques. Cette dynamique a provoqué une intense fracturation selon des directions N 100 et N 70 qui ont guidé les mouvements verticaux. L'île elle-même est constituée d'un bloc surélevé et basculé comme en témoignent d'une part le niveau marin à *Pecten* situé aux Pérrades (Fig 2).

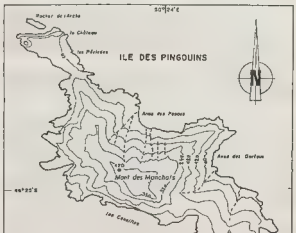


FIG. 2. — Ile des Pingouins. Carte dessinée d'après le projet de l'Institut National Géographique. Les cotes d'altitudes et les courbes de niveaux sont actualisées d'après nos observations.

à 60 m d'altitude, et d'autre part le pendage général 15° ENE. Cette tectonique s'est poursuivie récemment, puisque l'on trouve deux plages de galets discordantes l'une par rapport à l'autre, mais pouvant toutes deux être reliées aux niveaux identiques dates de moins de 10.000 ans dans d'autres îles de l'archipel.

L'ensemble est essentiellement volcanique et l'on y reconnaît deux étapes :

— **La première** est représentée par un ensemble volcano-sédimentaire pouvant atteindre une puissance de 150 m, formant un substratum qui affleure sur toute la périphérie de l'île. Il s'agit de hyaloclastites finement litées, très indurées et riches en figures sédimentaires (stratifications entrecroisées, ripple marks) qui traduisent le début de l'émersion du volcan. Les éruptions étaient alors de type phréatomagmatique.

— **La seconde étape** montre une alternance de brèches volcaniques et de laves basiques peu différenciées (ankaramites, hawaiites), dont l'empilement atteint 200 m d'épaisseur. Les brèches sont parfois puissantes (60 m), mais très déchiquetées (Les Canailles, le Château). Ces brèches et coulées basaltiques proviennent d'éruptions volcaniques aériennes qui ont été alimentées par des filons utilisant la fracturation générale.

L'âge de cette île est sensiblement supérieur à 1 MA, comme l'indiquent les deux datations K/Ar effectuées par J.M. CANTAGREL sur un filon (1.10 ou 0.40 MA) et une coulée basaltique (1.06 ou 0.25 MA).

PÉDOLOGIE

Comme sur l'île de la Possession, trois grands types de sols ont été reconnus sur l'île des Pingouins, mais leurs importances relatives diffèrent considérablement. Alors que les sols minéraux du fell-field représentent près de 80 % de la superficie de l'île de la Possession, ils sont ici mal représentés, n'apparaissant qu'au-dessus de 200 m d'altitude et n'occupant en réalité que les versants ouest, exposés aux vents dominants. Les sols tourbeux, où la nappe phréatique affleure à la surface, sont également très mal représentés puisqu'on ne les observe que sur une zone réduite du plateau central, à 350 m d'altitude. Enfin, les sols organiques de pentes sont dominants sur l'île des Pingouins, et leur morphologie est étroitement liée à la fréquentation des pétrels à nidification hypogée. Ces oiseaux, qui s'installent préférentiellement dans les sols profonds, sont responsables à la fois de leur structuration, de phénomènes d'érosion et, à un degré encore jamais observé sur une île subantarctique, de la dynamique de l'eau dans ces sols. Des études micromorphologiques actuellement en cours permettront de préciser ces divers points.

DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

Une station légère d'enregistrement météorologique a été installée à proximité du camp, à 200 m d'altitude et a permis un suivi pendant toute la durée du séjour de la température de l'air sous abri et à 10 cm au-dessus du sol, de la température du sol (-5 cm), de l'hygrométrie de l'air, de la pluviométrie et de l'évaporation (évaporomètre Piche). Deux thermohydrographes enregistreurs ont, de plus, été disposés à 140 m et 20 m d'altitude, le long d'un transect étudiés par les biologistes.

Le temps a connu pendant ce mois les vicissitudes habituelles à l'archipel Crozet, avec de nombreuses dépressions amenant des vents violents, entrecoupées de périodes de temps assez beau, parfois même dégagé et ensoleillé. La comparaison avec les données enregistrées par la station de la Météorologie Nationale de l'île de la Possession (base A. FAURE, 140 m d'altitude, en situation protégée, à l'est de l'île) montre cependant que, si les températures sont similaires sur les deux îles (Fig. 3 A), il n'en est pas de même des précipitations (Fig 3 B) : il n'y a eu que 9 jours avec pluie (dont 2 jours à 33 et 35 mm), sur l'île des Pingouins, totalisant 87 mm, contre 11 jours sur l'île de la Possession, totalisant 213 mm. La faible superficie de l'île des Pingouins et la faible hauteur deses reliefs sont sans doute à l'origine de cette grande différence. L'évaporation pendant toute la durée du séjour a été de 383 mm d'eau, ce qui aboutit à un bilan hydrique très nettement déficitaire pour cette période.

BIOLOGIE VÉGÉTALE

L'isolement géographique, la faible superficie, les conditions climatiques très particulières, l'empreinte quasi générale des oiseaux nicheurs et l'absence totale d'action humaine et d'animaux introduits confèrent à l'île des Pingouins un intérêt botanique considérable et expliquent la relative pauvreté numérique de la flore vasculaire (14 espèces recensées).

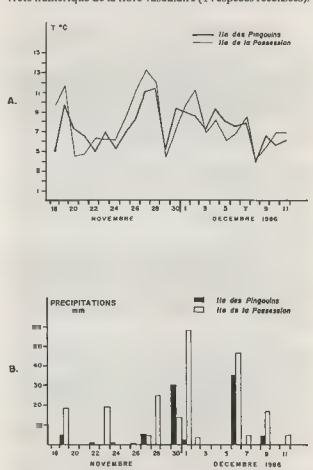


FIG. 3. — Données climatologiques enregistrées sur l'île des Pingouins (à proximité du camp, 200 m d'altitude) et sur l'île de la Possession (Météorologie Nationale, Base A. Faure, 140 m d'altitude) pour la période du 18 novembre au 11 décembre 1986. A. Comparaison des températures. B. Comparaison de la pluviométrie.

L'inventaire a également porté sur les Bryophytes et les Lichens qui participent de façon appréciable à la couverture végétale en caractérisant la physionomie de nombreux peuplements. Pour les principales espèces, nous avons dressé des cartes de répartition et relevé les conditions stationnelles de manière à déterminer l'amplitude écologique de chacune d'entre elles. Ce recensement doit compléter la connaissances des aires de distribution des taxons les plus intéressants et permettre de traduire les affinités floristiques entre les diverses îles subantarctiques.

Le second objectif de la campagne a été de repérer et de définir les unités naturelles de végétation caractérisées par une physionomie et des exigences écologiques propres. Dans ce but, nous avons effectué 200 relevés phytosociologiques sur tous les secteurs occupés par la végétation, en évaluant à chaque fois la composition floristique, l'abondance-dominance et la vitalité des espèces présentes, la structure et les classes de variables biotiques et abiotiques les plus significatives de la station. Cette étude a permis la délimitation cartographique des unités reconnues sur le terrain et fait apparaître l'originalité de la végétation de l'Ile des Pingouins. La carte synthétique, à l'échelle du 1/12500, est en cours d'établissement ; elle représente les diverses zones homoécologiques correspondant aux zones de même réponse aux contraintes naturelles du milieu.

ENTOMOLOGIE ET BIOLOGIE DU SOL

Ces deux disciplines sont naturellement très liées et nous nous sommes donc chargés à la fois d'établir un inventaire autant que possible exhaustif des macro-invertébrés terrestres présents sur l'île (Annélides, Mollusques, Arachnides et Insectes) et d'appréhender quelques éléments de leur écologie. Des prospections systématiques dans les différents milieux ont donc été faites, avec la coopération de tous.

L'absence de plages de sable ou de galets semble priver l'île de la faune inféodée à ces milieux qui se trouve ailleurs dans l'archipel. D'autres espèces dont le biotope existait pourtant n'ont pu être trouvées. Le groupe des Coléoptères Curculionides, au contraire, est particulièrement bien représenté et a été étudié avec beaucoup d'attention, car il a un grand intérêt biogéographique.

L'extraordinaire abondance des oiseaux reproducteurs sur l'île rend particulièrement intéressante l'étude des organismes chargés de la décomposition des importantes quantités de matières organiques déposées à terre sous forme de fientes et de cadavres. A cet égard, nous nous sommes intéressés à deux groupes principaux : les Diptères Acalyptérates et les Vers de terre.

Conjointement à l'inventaire global réalisé dans les divers biotopes accessibles de l'île, la faune diptérologique, comportant essentiellement des espèces ayant perdu leur capacité de vol, a été échantillonnée au moyen de pots-pièges (pitfall traps) dans six stations recouvrant les principaux habitats potentiels. L'ensemble de ces résultats devront permettre de définir comment s'organisent les peuplements diptérologiques sur cette île de petite taille, dont la diversité des biotopes est beaucoup moins importante que sur les autres îles de l'archipel.

Parallèlement à cette étude, des prélèvements qualitatifs et quantitatifs de vers de terre ont été réalisés sur l'ensemble de l'île. Comme sur l'île de la Possession, deux familles sont représentées : les Rhreodrilidae, avec l'espèce *Rhreodrilus crozetensis*, et les Acanthodrilidae avec plusieurs espèces, du genre *Microscolex*. D'ores et déjà, il apparaît que certaines espèces, présentes sur l'île de la Possession, telle que *Microscolex lukyeni* sont absentes de l'île des Pingouins. Il se pourrait, à l'inverse, sur la base de nos premières observations morphologiques, qu'au moins une espèce de *Microscolex* soit endémique de l'île.

ORNITHOLOGIE

En raison de l'absence de prédateurs introduits, opportunité rare dans les îles subantarctiques, la prospection a mis en évidence une profusion de petits pétrels dont les terriers étaient souvent superposés et dépassaient, dans les zones où la profondeur du sol le permettait, une densité de $1/m^2$, d'où une certaine difficulté à se déplacer sans défoncer les chambres d'incubation. Des chemins balisés ont donc été mis en place dès les premiers jours

L'absence de grèves a pour conséquence d'empêcher la reproduction du manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*). L'albatros hurleur (*Diomedea exulans*) et peut être le Manchot papou (*Pygoscelis papua*) n'ont même pas pu trouver la vallée de pente douce qui aurait permis la colonisation. Le gorfou macaroni (*Eudyptes chrysolophus*) et les albatros de falaises sont donc, avec les pétrels précédemment cités, les bénéficiaires de ce relief tourmenté, qui met d'autant mieux en évidence le mode de partage des biotopes de nidification entre les espèces de ces îles.

La brève visite de 1982 avait permis de constater la nidification des deux espèces d'albatros fuligineux (*Phoebetria fusca* et *palpebrata*) et de trois mollymawks (*Diomedea melanophrys, D. chrysostoma* et *D. chlororhynchos*). Notre programme de recherche, en plus des prospections et dénombrements, consistait d'une part à préciser les migrations de ces albatros (634 individus bagués), d'autre part à comparer leur biométrie et leur biologie de reproduction. Ces derniers éléments permettront en outre de comparer les populations de certaines de ces espèces qui sont présentes sur d'autres îles : c'est notamment le cas de l'albatros à bec jaune (*D. chlororhynchos*) qui, dans les Terres Australes Françaises, n'était connu qu'à St. Paul et surtout à Amsterdam.

Avec cinq espèces d'albatros de falaises, cet îlot constituait la localité la plus riche dans le monde. Or une nouvelle espèce nicheuse d'albatros y a été découverte en faible nombre : l'île des Pingouins n'en est que plus remarquable !

CONCLUSION

Ce séjour d'un mois sur l'Ile des Pingouins a donc largement confirmé l'intérêt d'une étude pluridisciplinaire approfondie sur cet îlot qui présente de nombreuses particularités originales par rapport aux autres îles de l'archipel Crozet. L'exploitation des diverses données et des échantillons rapportés par les différents membres de cette expédition ne manquera pas d'apporter des éléments nouveaux sur la connaissance de ces îles, leur histoire et le fonctionnement de leurs systèmes écologiques.

Remerciements

Nous tenons à remercier ici Monsieur l'Administrateur Supérieur des Terres Australes et Antarctiques Françaises ainsi que les membres de la Mission de Recherche pour le financement et le soutien logistique de cette expédition. Nous sommes particulièrement redevables à Alain LAMALLE et Roland PAGNI, qui se sont chargés de son organisation matérielle et qui ont contribué pour une large part au succès de la mission.

L'UTILISATION D'ENCLOS POUR L'ÉTUDE DES RELATIONS INTERSPÉCIFIQUES EN MILIEU LITTORAL : ANALYSE SYNTHÉTIQUE, APPLICATIONS

par Patrick TRIPLET(1, 2), Bernard ELKAIM(2) et Sylvain PICHARD(2)

(1) Office National de la Chasse (C.N.E.R.A. Avifaune migratrice) rue du petit Barail — 33028 BORDEAUX Cedex

(2) Laboratoire d'Hydrobiologie, Université Paris VI, 12, rue Cuvier — 75005 Paris

MOTS-CLÉS : Prédation - Limicoles - Enclos - Littoral - Benthos.

KEY-WORDS : Predation - Waders - Enclosures - Littoral - Benthos

RÉSUMÉ
(Article de synthèse)

L'emploi d'enclos en milieu littoral marin est souvent utilisé pour apprécier, entre autres problèmes, l'impact des prédateurs sur le benthos en place. Une description de divers types d'enclos, une revue de leur utilisation et des résultats obtenus, font l'objet d'une analyse critique.

SUMMARY
(Review scientific paper)

Enclosures using for interspecific relations research in littoral marine : a critically review and its applications

Enclosures in littoral marine zone are often used to appreciate, among various problems, the impact of predators on the animal benthos in situ. A description of the differents enclosures models, an examination of their employment and their results are critically reviewed.

INTRODUCTION

L'homme collectant des coquillages en milieu littoral, entre ainsi en conflit avec d'autres groupes animaux (Crabes, Poissons, Oiseaux) qui se nourrissent des mêmes ressources (Bivalves par exemple) dont la place dans l'économie humaine locale n'est pas négligeable.

L'impact réel des prédateurs par rapport aux autres causes de mortalité est donc une donnée intéressante et nécessaire à estimer. Un des moyens possibles consiste en l'emploi d'enclos protégeant une fraction de la population proie du ou des prédateurs. Cette technique, également appliquée à d'autres types d'investigations, est utilisée dans le cadre de deux thèmes principaux de recherche :

— la baisse des stocks d'invertébrés-proies, déclenchant la migration des oiseaux ou conditionnant leurs effectifs (GOSS-CUSTARD, 1977 ; SCHNEIDER et HARRINGTON, 1982, TRIPLET, 1984).

— le rôle de la prédation et de la compétition dans la diversité des communautés benthiques (ARNTZ, 1977 ; CONNEL, 1961, 1970, 1975 ; CLAVIER, 1981 ; DAYTON, 1971, HULBERG et OLIVER, 1980, LE CALVEZ, 1984, 1986 ; MENGE, 1976 ; PAINE, 1966, 1971, 1974 ; PETERSON, 1979 ; QUAMMEN, 1981, 1984 ; REISE, 1977a, b ; VIRNSTEIN, 1977, 1978 ; WOODIN, 1974 ; YOUNG *et al.*, 1976).

L'utilisation d'enclos pourrait donc paraître comme une technique de première importance en écologie marine ; toutefois, elle fait l'objet de nombreuses controverses tant en ce qui concerne la méthodologie que l'interprétation des résultats

Il nous a donc paru intéressant de reprendre les principales publications sur ce sujet et d'en tirer les enseignements définissant les valeurs et les limites de cette technique, notamment dans les relations prédateur-proie en milieux estuarien et littoral, avec pour objectif la compréhension du rôle des ressources alimentaires dans les stationnements des Limicoles. C'est en effet dans ces milieux et grâce à l'abondance du benthos que se jouent plusieurs épisodes de la vie de ces oiseaux, soit lors de la migration, soit lors de l'hivernage.

Cette synthèse traite surtout d'analyses en milieu naturel ; cependant, les idées qui en découlent peuvent être appliquées à des situations artificielles comme les expériences conchylicoles. Ainsi, dans les estuaires où les mollusques sont exploités par l'homme, les études sur les oiseaux compétiteurs trouvent en effet des applications directes dans la gestion des stocks. Elles permettent en effet d'estimer l'impact réel des prédateurs aviens sur les bivalves par rapport aux autres causes de mortalité et donc de prendre des mesures dissuasives en cas de nécessité.

* Reçu le 6 février 1987, accepté le 24 juin 1987

1. *DESCRIPTION COMMENTÉE DES ENCLOS ET DES MÉTHODES D'ÉTUDES*

1.1. Taille et structure des enclos

1.1.1. *Taille*

La taille de la cage doit permettre l'isolement d'une fraction significative de la population. Les surfaces des enclos utilisés varient de 0,25 à 100 m². Ces différences correspondent à des contraintes définies, imposées par le type d'étude lui-même ou parfois seulement par l'intuition de l'auteur.

Les plus petits enclos (jusqu'à 1 m²) furent utilisés dans la zone infralittorale où des précautions doivent être prises afin que les installations ne soient pas arrachées par les turbulences marines ou par le passage d'un bateau de pêche et de ses filets. Sur le littoral, peu profond, ces perturbations n'existent que peu ou pas et il est donc possible d'augmenter la taille des enclos, ce qui permet, par ailleurs de protéger des espèces peu représentées numériquement, mais qui peuvent revêtir un intérêt dans le cadre des recherches entreprises.

Au vu des diverses expériences analysées, il apparaît que les dimensions d'un enclos jouent un rôle non négligeable dans les résultats et notamment dans le cas de faible densité de proies. Par ailleurs, une petite surface protégée a toutes les chances d'être fortement perturbée par une multiplicité de facteurs, par exemple il faut mentionner l'impact des piquets de fixation dans le sol. En effet, il se forme à leur base une dépression conique de quelques centimètres, centrée sur le piquet et remplie d'eau, persistant plus longuement que celle du milieu environnant. Ces conditions écologiques modifiées exercent une influence certaine sur la composition de la communauté benthique, notamment sur l'abondance de certaines espèces ; dans ces dépressions, les jeunes coques sont généralement plus nombreuses en raison d'une fixation des larves et du développement des juvéniles dans ces «micromilieux» aux conditions d'humidité favorables. Les prélèvements à l'intérieur des enclos doivent donc être répartis de façon aléatoire, toutefois en dehors de la proximité immédiate de ces piquets.

1.1.2. *Structure*

La structure la plus simple utilisée (DAYTON, 1971) consiste en des sacs plastique à engrais, au fond ouvert. Ils permettent d'isoler des moreaux de rocher lors d'une étude sur la compétition et la prédation.

Presque tous les autres auteurs ont employé des structures métalliques de formes diverses (cylindres, cônes, parallélépipèdes) enfoncées dans le sédiment.

Les enclos les plus grands — 25 m² (HANCOCK et URQUHART, 1967) ; 78,5 m² (GOSS-CUSTARD, 1977) ; 100 m² (TRIPLET, 1984) — sont constitués de piquets reliés par des cordages ; un filet recouvrant l'ensemble interdit la pose des oiseaux.

Les structures de petites dimensions sont constituées d'un grillage plastifié ou métallique, de maille variable. La taille de celle-ci doit être prise en compte. En effet, une petite maille entraîne, dans les semaines suivant l'installation de l'enclos, un envahissement de la structure par des algues diverses qui diminuent la luminosité à l'intérieur de la cage.

Ce type de cage modifie également la force du courant, favorise la sédimentation au sein même de l'enclos et altère donc les conditions locales au point qu'il est difficile de dissocier l'effet de la prédation de tous les autres facteurs en présence (HULBERG et OLIVER, 1980 ; QUAMMEN, 1984).

En milieu littoral, lorsque cela est possible, l'utilisation de très grands enclos à mailles larges, excluant donc uniquement la ou les espèces de prédateurs choisies, pallie ces inconvénients mais en présente d'autres, notamment leur facilité de repérage, source de dégradations possibles.

1.2. Méthodes

1.2.1. *Localisation des enclos*

Dans une étude sur les invertébrés, la localisation des enclos doit être choisie avec soin. Chaque enclos doit être installé sur un substrat uniforme reflétant une certaine homogénéité «locale» du peuplement benthique. Un enclos reposant sur deux micro-faciès, par exemple une «banquette» à *Pygospio elegans* surmontant une aire riche en *Cerastoderma edule* ou *Macoma balthica*, ne permet pas l'obtention de résultats exploitables

Dans le cas d'une analyse de stimuli déclencheurs de la migration des oiseaux, liées à l'alimentation, les enclos peuvent *a priori* être installés sur toute l'étendue du territoire où les oiseaux ont coutume de s'alimenter ; toutefois, les enclos trop proches des zones touristiques risquent certaines dégradations. Il est certain que dans les pays où des zones en réserve sont consacrées entièrement à la recherche, les conditions d'étude se trouvent grandement améliorées

Une autre restriction concerne les estuaires où les pêcheries de coquillages (Coques notamment) sont très développées. En effet, si l'enclos est installé sur une de ces zones, le dérangement dû à la pêche va occasionner un stationnement très variable des oiseaux, de l'Huîtrier-pie notamment, et donc une prédation irrégulière peu quantifiable. Dans ces conditions, la différence d'abondance observée en fin d'expérience sera plus le reflet du ramassage par l'homme que l'impact des oiseaux.

A l'inverse, si nous considérons une zone pêchée jouxtant une zone non pêchée, il paraît tentant d'installer les enclos dans cette dernière. Mais ces zones non perturbées risquent de présenter une surfréquentation d'oiseaux, entraînant une surprédation sortant des conditions naturelles et ne donnant pas le reflet de la réalité (HORWOOD et GOSS-CUSTARD, 1977), d'où un biais difficile à contourner.

La situation satisfaisante consiste à étudier le phénomène de prédation dans des estuaires où seul l'oiseau constitue une cause de mort des invertébrés. Dans de tels milieux, où les activités inhérentes à la pêche ou au tourisme n'existent que peu ou pas, les situations «faussées», mentionnées précédemment, pourraient être facilement écartées. Bien entendu, dans ces conditions, seul l'impact dû aux oiseaux est étudié, «l'homme» étant écarté du système.

1.2.2. *Échantillonnage*

Le but de la mise en enclos est de comparer les différences de densité et de structure de population à l'intérieur et à l'extérieur de l'enclos. L'échantillonnage nécessaire à la collecte de données fiables pose divers problèmes car il faut prélever sans altérer le substrat, lorsque des études ultérieures sont prévues.

Il faut donc tenir compte de la surface de l'enclos et du nombre de prélèvements réalisables sans provoquer de modification sensible. Une première possibilité consiste à ne pas prélever dans des enclos de petite taille et à se fier uniquement aux manifestations de vie du benthos à la surface du substrat ; il n'y aura alors pas de perturbation ; en revanche, la densité réelle de début d'expérience reste inconnue, ou doit être extrapolée à partir de la densité à l'extérieur de l'enclos.

Une autre possibilité plus générale est de réduire la surface prélevée ou le nombre de prélèvements pour limiter les perturbations du substrat. SCHNEIDER et HARRINGTON (1981) prélèvent 4 cylindres de section égale à 0,0078 m² pour l'échantillon, alors que GOSS-CUSTARD (1977), REISE (1977b) et VIRNSTEIN (1977) travaillent respectivement sur 0,158 m² - 0,01 m². Aucun de ces auteurs ne donne d'indications sur le protocole d'échantillonnage (précision, justification du nombre minimum de relevés).

TRIPLET (1984) a utilisé, dans l'étude réalisée en Baie de Somme, deux types d'enclos : quatre de 1 m² et un de 100 m². Le nombre de prélèvements variait de 10 à 5 selon les surfaces et permettait d'avoir une marge d'erreur de 20 % obtenue par la formule :

$$E = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

(ELLIOT, 1971) où E est le risque d'erreur exprimé en pourcentage, $\bar{X}$ la moyenne de l'échantillon, s^2 la variance et n le nombre de prélèvements. Cette méthode reste approximative en raison de sa dépendance vis-à-vis du type de distribution spatiale des populations benthiques. En effet, cette formule est applicable quand on considère l'ensemble des espèces distribuées au hasard. Pour des populations distribuées en agrégat, la variance obtenue sur les densités peut être très grande et dès lors le nombre de prélèvements nécessaires à une précision E de 20 % dépasse les possibilités techniques habituelles de récolte. Il est possible de calculer dans le cas d'une distribution en agrégats, avec l'hypothèse d'une population répartie selon une loi binomiale négative, un indice k estimé k,qui tend vers $\frac{\bar{X}^2}{S^2 - \bar{X}}$ quand la taille de l'échantillon devient grande (ELLIOT, 1971) ; dans ce cas

$$E = \frac{1}{n} \sqrt{\left(\frac{1}{\bar{X}} + \frac{1}{k}\right)}$$

soit pour E = 20 % : $n = 25 \left(\frac{1}{\bar{X}} + \frac{1}{K}\right)$

Dans cette étude en Baie de Somme, l'échantillonnage a consisté en la prise de carottes de sédiments de 5 cm de profondeur et de 1/30 m² de surface. Sur les enclos de 1 m², aucun prélèvement n'a été réalisé en début d'expérience : le substrat uniforme et la distribution régulière des coques, ici, permettaient en effet de réaliser des prélèvements en dehors des enclos et d'en extrapoler les résultats à l'intérieur ; dix carottes furent donc réalisées à proximité des structures.

Par contre, l'enclos de 100 m² a été l'objet d'un échantillonnage basé sur cinq carottes prélevées à l'intérieur et cinq à l'extérieur. A l'intérieur comme à l'extérieur de l'enclos les prélèvements ont été distribués de façon aléatoire.

MENGE (1976), travaillant sur un substrat rocheux, a utilisé un échantillonnage original en subdivisant sa zone d'étude en points contacts et en exprimant les résultats en pourcentage correspondant au taux de recouvrement, rejoignant ici une méthode couramment utilisée en phytosociologie. Les espèces concernées *Mytilus edulis*, *Balanus balanoides*, *Thais lapillus*, sessiles ou faiblement vagiles, liées au substrat dur et donc facilement visibles, se prêtent à ce type d'échantillonnage.

La comparaison des échantillons à l'intérieur et à l'extérieur d'enclos a été faite à partir de divers tests statistiques, notamment à la suite des travaux de SOKAL et ROHLF (1969). Ainsi, en raison de la spécificité de son étude, MENGE (1976) compare ses résultats par une analyse de variance ; HULBERG et OLIVER (1980), CLAVIER (1981) puis TRIPLET (1984) comparent les échantillons avec le test U de MANN-WHITHNEY ; DAYTON (1978) utilise, quant à lui, le test de WILCOXON, relativement proche du précédent...

Alors que les différences de densité au début et à la fin de l'expérience, mais également entre l'intérieur et l'extérieur de l'enclos, ont fait l'objet d'analyses par les auteurs précités, les différences de profils démographiques dans ces deux cas de figures n'ont pas été étudiées de façon approfondie. Pourtant, la diminution constatée à l'intérieur de l'enclos n'affecte probablement pas de la même façon les différentes classes d'âge de la ou des populations. En effet, un prédateur peut très bien, à l'extérieur, sélectionner une classe de taille donnée, ce qui à terme induit une différence de structure démographique entre les populations protégées et celles qui ne le sont pas.

Toutefois, comme nous l'avons montré en Baie de Somme, cet aspect de la prédation, bien qu'important, est difficile à mettre en évidence. Il nécessite, en effet, un nombre élevé d'animaux et un protocole expérimental permettant d'empêcher ou de tenir compte des déplacements de certaines espèces benthiques qui, bien que faibles, n'en sont pas moins réels (GOSS-CUSTARD, 1977 ; TRIPLET, 1984). Ce problème est minimisé avec des enclos de grande taille dans lesquels l'échantillonnage peut être plus précis et permet une approche fine des classes de taille de la ou des population(s) benthiques(s) étudiées(s) et surtout de leur évolution temporelle tout au long de l'expérience par rapport à ce qui se déroule à l'extérieur de l'enclos. Les facteurs autres que la prédation doivent être alors parfaitement maîtrisés.

2. *RÉSULTATS*

2.1. Les principaux résultats

Les premières études ont porté essentiellement sur l'Huitrier-pie *Haematopus ostralegus* soupçonné de la prédation d'une grande quantité de coques *Cerastoderma edule* dans Burry Inlet au sud du Pays de Galles (HANCOCK et URQUHART, 1965 ; DAVIDSON, 1967). A partir de ces premiers résultats, on a utilisé des techniques destinées à pouvoir quantifier la prédation. HANCOCK et URQUHART (1967) furent à notre connaissance les premiers à essayer d'analyser l'impact de la prédation d'un oiseau sur un stock d'invertébrés. Leur enclos sur un banc de coques est resté en place de l'automne au printemps ; en fin d'expérience, la densité à l'intérieur s'élevait à 1 100 ind/m² tandis que celle des coques à l'extérieur ne dépassait pas 100 ind/m² : l'impact de la prédation était bien établi. Ces auteurs signalent toutefois que la différence de densité des coques entre l'intérieur et l'extérieur de l'enclos, n'est apparue aussi nettement qu'en raison d'une densité initiale élevée.

GOSS-CUSTARD (1977), à la fin d'une expérience semblable, n'a pas trouvé de différence significative entre les populations de coques intérieures et extérieures à l'enclos, probablement en raison des déplacements des bivalves. Les coques effectuent en effet quelques mouvements actifs ne dépassant pas un demi-mètre (KREGER, 1942 in SUTHER-

LAND, 1982) et surtout des déplacements passifs, lorsque, déchaussées du substrat, elles sont emportées par les eaux et déposées dans des zones plus calmes où elles subsistent alors.

Nous avons réalisé une expérience du même ordre en Baie de Somme (1983-84) dont nous donnons les résultats (Tab. 1).

TABLEAU I

Évolution des populations de Coques dans les «sites enclos»

	Octobre 1983	Février 1984
A	275 ± 70	180 ± 73 int 100 ± 1,7 ext
B	215 ± 123	95 ± 43 int 65 ± 60 ext
C	1133 ± 568	31 ± 34 int* 25 ± 26 ext*
D	550 ± 301	80 ± 9 int

NOTA :

A, B, C, D correspondent à des quadrats de 2500 m² sur lesquels sont implantés les enclos anti-prédateurs de taille et de caractéristiques différentes :

A - B - C = 1 m² D = 100 m²

A - B présence de Coques de taille moyenne à recrutement faible.

C - D . absence de Coques adultes. Fort recrutement saisonnier. Population dense.

* Écart type en «C» non significatif.

La comparaison des densités moyennes de coques par échantillon ne faut apparaître de différence significative entre l'intérieur et l'extérieur, que pour l'enclos A en fin d'expérience (t = 0,01).

Cette expérience n'a pas permis d'obtenir une comparaison significative entre les zones affectées et celles protégées de la prédation.

Compte tenu de diverses observations, nous pensons que ce «résultat» peu clair tient aux raisons suivantes :

— les densités de Coques au début de l'expérience, tant dans les enclos (enclos A et B) qu'à l'extérieur de ces derniers, étaient trop basses ;

— la mobilité du sédiment entraîne, malgré de fortes densités de départ, une diminution générale tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des enclos (enclos C et dans une moindre mesure enclos D).

Il faut signaler que cette expérience s'est déroulée pendant l'hiver 1983-84 qui a coïncidé avec le début d'un effondrement du stock de Coques en baie de Somme : les densités maximales dans certaines parcelles, entre octobre et mars, ont varié de 3200 ind/m² à 105/m².

SCHNEIDER et HARRINGTON (1981) ont utilisé des enclos pour étudier le déterminisme de la migration post-nuptiale des Limicoles. Leur recherche s'est déroulée sur une «aire-halte» estuarienne : les populations benthiques y furent échantillonnées en juillet et septembre. Il est apparu que les réductions en proies constatées étaient suffisantes pour occasionner des déficits énergétiques pour les individus limicoles arrivant les derniers. Cette étude, basée sur l'utilisation de cages anti-prédateurs, n'a toutefois pas permis de déterminer leur seule responsabilité dans les diminutions de coques observées (70-90 % entre juillet et septembre). Les poissons pourraient en effet, avoir le même impact que les oiseaux sur les populations benthiques. QUAMMEN (1981, 1982, 1984) s'est attaché à élucider ce dernier problème en comparant le déclin des populations d'invertébrés au moyen de systèmes d'«enclos composés» installés sur différents substrats (Fig. 1). Ses résultats ont permis de différencier l'importance de l'impact des oiseaux ou des poissons, selon le type de substrat ; par exemple la prédation par *Limnodromus griseus, L. scolopaceus, Calidris mauri, C. alpina* et *Recurvirostra americana* a un effet significatif sur la densité de leurs proies dans les vasières constituées surtout d'éléments fins et pauvres en sable, à l'inverse, dans celles composées d'une partie sableuse, on n'observe pas de variation de densité. Il a été montré, en effet, sur des aires expérimentales, une augmentation du temps de recherche de la nourriture, en relation avec un pourcentage croissant de la teneur en sable dans le substrat. Pour les poissons, la raison réside probablement dans la taille voisine des grains de sables et des proies potentielles à l'état de post-larves et juvéniles (300 µm à 1 mm). Pour les oiseaux, une texture plus sableuse des vasières entraîne vraisemblablement une dispersion plus grande des coques ; d'où un temps de recherche plus long, contribuant à diminuer l'attrait de telles vasières ou à limiter la quantité de bivalves consommés.

Le rôle de la composition granulométrique du substrat apparaît ici prépondérant, révélant aussi que la prédation peut dépendre de paramètres autres que l'abondance de la proie.

Ces études ont montré également que l'action des poissons ne provoque pas un impact aussi important sur le benthos que celle dûe aux oiseaux et aux crabes. Ce dernier groupe pose du reste certains problèmes dans le cadre d'études de prédation par les oiseaux à partir du dispositif «cages ou enclos». En effet, par exemple le crabe vert *Carcinus maenas*, prédateur de bivalves (HANCOCK et URQUHART, 1965) et également de polychètes, n'est pas exclu des cages comme le sont les prédateurs de grande taille. Récemment, le CALVEZ (1986) a étudié au cours de plusieurs années, en estuaire de Rance, au moyen d'enceintes expérimentales divisées en cages, les activités prédatrices et bioperturbatrices de *Carcinus maenas*. Indépendamment de son rôle régulateur vis-à-vis de la densité de certaines espèces de l'endofaune, l'impact de ce crabe sur la consommation de bivalves est bien mis en évidence. De plus, la comparaison des résultats d'analyses de contenus stomacaux de crabes verts suite à des expériences consécutives d'exclusion et d'inclusion respectivement hors et dans les cages expérimentales, à ceux provenant de l'analyse de contenus stomacaux de crabes verts récoltés dans le milieu naturel à des époques identiques, a révélé que la prédation n'est pas le seul facteur de régulation de la densité de certaines espèces de la macrofaune benthique ; il faut en effet souligner l'importance du facteur bio-perturbation mécanique du sédiment, engendrée par les diverses activités des crabes

Dans l'état actuel des études entreprises sur la prédation du benthos, il n'existe pas de résultat permettant de quanti-

fier la part relative prélevée de chaque groupe : poissons -oiseaux - «crabes».

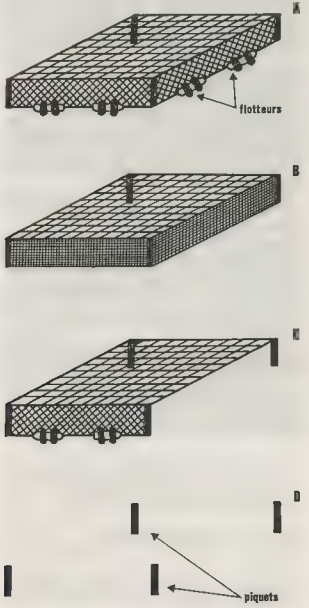


FIG. 1. — Les différents types d'enclos utilisés par QUAMMEN (1981)

A) à côtés flottants n'excluant que les oiseaux,
B) à côtés rigides pour les poissons et les oiseaux,
C) enclos de contrôle où seulement deux côtés sont protégés,
D) témoin ne comportant que les piquets

2.2. Les nouvelles conceptions d'enclos

Deux chercheurs ont étudié les problèmes que nous venons d'évoquer et qui nuisent à la réussite des expériences.

BLOOM (1980) a mis au point un enclos minimisant les modifications du sédiment (Fig. 2). Il s'agit d'une structure parallélépipédique dont chaque côté vertical se relève à l'horizontale lors de la marée haute, grâce à des flotteurs. L'eau a ainsi libre passage et d'après les résultats obtenus il semble que le substrat ne soit aucunement affecté à l'intérieur de l'enclos.

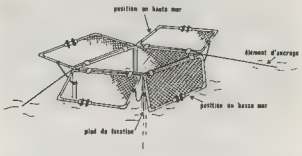


FIG. 2. — Cage à panneaux mobiles permettant la libre circulation de l'eau à marée haute (in BLOOM, 1980).

Ce problème résolu, l'auteur ne dit pas quelle peut être l'application de sa méthode aux recherches sur la prédation. Son étude ne cherchant en effet qu'à étudier l'impact de structures sur le sédiment. Il est évident que ce nouveau type d'enclos pouvait être utilisé à d'autres fins, notamment l'étude de la prédation et de la compétition de divers prédateurs habituels des communautés benthiques ; le contrôle de la variable «sédiment», qui jusque là posait un problème dans ce type d'étude, était résolu grâce à cet enclos. QUAMMEN (1981, déjà cité) a donc repris cette idée et a élaboré un protocole permettant de disposer d'enclos excluant les oiseaux, les poissons, ensemble ou séparément. Son expérience combine plusieurs types d'enclos (Fig. 1).

— à côtés flottants de type «BLOOM», n'excluant que les oiseaux ;

— à côtés rigides pour les oiseaux et les poissons ; aucune structure n'excluant les crabes

— un enclos de contrôle où seulement deux côtés sont protégés.

L'auteur précise que celui-ci est destiné à tester les effets de la structure sur le milieu, tout en autorisant un accès normal aux prédateurs, tout au moins aquatiques (crabe et poissons) puisqu'il est recouvert ;

— un témoin ne comportant que les piquets, laissant ainsi toute possibilité de prédation quel que soit le groupe considéré.

Comme nous l'avons signalé plus haut, ces travaux bien qu'importants, ne permettent pas de quantifier encore la part de chaque prédateur. Ces deux études ouvrent néanmoins la voie vers une autre conception du protocole expérimentale à employer.

En effet, jusqu'à ces derniers travaux, les recherches ont abouti à des résultats partiels, limités par les modifications du substrat et/ou par une variation qualitative et/ou quantitative de la faune benthique en relation avec un autre facteur que la compétition ou la prédation, sujets principaux des expérimentations.

Les résultats de BLOOM (1980) montrent que le nouveau type d'enclos évite la rétention d'algues, qui s'effectue en général sur toutes les autres structures, et de ce fait n'entraîne aucune altération de la surface enclose. Il apparaît en outre, très nettement, une absence de modification des caractéristi-

ques du sédiment dans les enclos à panneaux mobiles ; ceci différencie cette expérience de celles tentées auparavant.

Les résultats de QUAMMEN (1981) révèlent que le type d'enclos utilisé, notamment pour l'évaluation de l'impact respectif des oiseaux de celle des poissons, n'a pas un effet significatif sur les espèces proies ou sur le substrat.

Ainsi, au moyen de ces nouveaux systèmes, il est possible de diminuer voire d'empêcher la sédimentation causée par la structure mise en place et à l'intérieur de celle-ci, et l'altération de la surface enclose par les algues. Par ailleurs, la prédation des différents groupes animaux peut être abordée plus finement ; la différentiation de leur impact respectif commence à être appréhendée. Toutefois, jusqu'à ce jour, le système d'enclos seul n'autorise pas une quantification de l'impact en raison des autres causes potentielles de mortalité toujours difficiles à estimer.

DISCUSSION — CONCLUSION

Dans le cadre de recherches sur la prédation des oiseaux vis-à-vis du benthos, notamment son importance quantitative, l'emploi de cages anti-prédateurs constitue un moyen d'approche de ce problème. En fait, en milieu estuarien, ce problème est d'autant plus complexe que se surajoute à la mortalité par la prédation, celle due aux facteurs physiques, difficiles à cerner. Le rythme biquotidien de la marée modifie profondément le milieu et permet la succession de différents groupes de prédateurs. Par ailleurs, le flot est chargé de particules en suspension, leur dépôt en zone abritée ou durant l'étale de marée se produit d'autant plus que leur rétention est facilitée par le contact de structures et éléments solides présents sur les fonds ou installés à des fins d'expérimentation. Cette sédimentation a pour effet de modifier les conditions du milieu et ultérieurement d'entraîner une variation du peuplement : disparition ou raréfaction d'espèces non tolérantes à un apport important de fines particules, installation et augmentation du nombre d'espèces opportunistes trouvant ici des conditions de vie adéquates. Compte tenu de ces contraintes, il n'est pas surprenant d'obtenir des résultats partiels sur le problème de la prédation. Les travaux cités en introduction de ce texte, illustrent bien ces remarques. Faut-il en conclure en l'inefficacité des enclos anti-prédateurs ?

Il est évident que les enclos simples à mailles fines, provoquant une altération de l'environnement physique, sont insuffisamment ajustés à de telles expériences. L'environnement dans le milieu intertidal permet l'installation d'enclos de grande taille où la sédimentation a un effet bien moindre ; de même, la mise au point d'enclos à panneaux mobiles a permis, au-delà du problème de la sédimentation, d'appréhender qualitativement l'impact de divers groupes prédateurs, sans toutefois pouvoir quantifier leur part relative. Aussi grand soit-il, l'enclos risque cependant de créer des modifications du sol, ne serait-ce qu'aux alentours proches de la structure.

La technique mise au point par BLOOM dont théoriquement répondre à ce problème. BAIRD *et al.* (1985) ont cependant estimé que l'intensité des conditions hydrodynamiques (eaux peu agitées - faible marnage) avaient biaisé les résultats observés durant cette étude

Les conditions idéales ne sont pas toujours réunies là où il est intéressant de trouver un moyen d'étudier la prédation.

Ces recherches sont d'autant plus complexes que les déplacements actifs et passifs d'invertébrés, la diversité des causes de mortalité de ces derniers (bivalves notamment), les bioperturbations mécaniques engendrées par l'activité des crabes ne facilitent pas la détermination comparative des fluctuations des espèces à l'intérieur et à l'extérieur des structures.

Deux points méritent alors d'être soulignés.

Lors de l'échantillonnage, il se peut qu'aucune différence significative ne soit trouvée entre l'intérieur et l'extérieur de l'enclos. Tout comme le note GOSS-CUSTARD (1982), il serait tentant à première vue de ne pas attribuer d'importance au rôle des Limicoles, alors qu'en réalité l'équilibre intérieur-extérieur de la structure est peut-être dû à d'autres causes insuffisamment étudiées (mouvements des bivalves tendant à égaliser les densités).

BAIRD *et al.* (1985) soulèvent le problème d'échantillonnage d'animaux dont les hautes densités peuvent éventuellement correspondre à une dispersion aléatoire. Selon eux, la variation de densité ou la non-variation ne peut être étudiée que par un grand nombre de prélèvements de petite taille, permettant d'une part de cartographier très finement, avec cependant le risque d'altérer l'équilibre, d'autre part de réaliser une étude statistique fine conduisant à une meilleure estimation de l'impact.

Mais bien entendu, compte tenu des mouvements du benthos, toujours possibles, l'étude reste difficile et les résultats peuvent être aléatoires.

On soulignera que l'emploi d'enclos a également permis de nouvelles connaissances sur l'exploitation spatio-temporelle des zones littorales, notamment des estuaires, par les Limicoles (QUAMMEN, 1984 ; SCHNEIDER et HARRINGTON, 1981). Ainsi ces auteurs ont pu définir des facteurs de déclenchement des migrations et mettre en évidence le rôle joué par la texture du sédiment dans le choix d'une zone de nourrissage

En définitive, l'emploi d'enclos anti-prédateurs doit être considéré comme une technique complémentaire à d'autres travaux de terrain, (détermination des fluctuations d'effectifs ou des besoins trophiques intersaisonniers). L'obtention conjointe de ces données contribuera à une meilleure approche de la prédation sur le benthos dont la quantification par plusieurs groupes revêt une importance tant sur le plan fondamental qu'appliqué.

Remerciements

Les auteurs remercient Monsieur HERBET pour l'illustration et Madame MAHET pour la dactylographie

RÉFÉRENCES

ARNTZ (W.B.), 1977. — Results and problems of an «unsuccessful» benthos cage predation experiment (Western Baltic) in KEEGAN (B.F.), CEIDIGH (P.O.), BOADEN (P.J.S.) eds - *Biology of benthic organisms*, Pergamon Press.

BAIRD (D.), EVANS (P.R.), MILNE (H.), PIENKOWSKI (M.W.), 1985. — Utilization by shorebirds of benthic invertebrate production in intertidal areas. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev*, 23, 573-591

BLOOM (S.A.), 1980. — An intertidal soft sediment avion exclosures which minimizes sediment alterations. *Mar. Ecol. Progress Ser*, 3, 79-91.

CLAVIER (J.), 1981. — Ecologie descriptive et fonctionnelle du peuplement des sables fins vaseaux dans le bassin maritime de la Rance. *These de 3ème cycle*, Univ. Paris 6, 232 p.

CONNEL (J.H.), 1961. — Effects of competition, predation by *Thais lapillus* and other factors on natural populations of the Barnacle *Balanus balanoides*. *Ecol. Monogr.*, 31, 61-104

CONNEL (J.H.), 1970. — A predator-prey system in the marine intertidal region I. *Balanus glandula* and several predatory species of *Thais*. *Eco. Monogr.*, 40, 49-78.

CONNEL (J H.), 1975. — Some mechanisms producing structure in natural communities : a model and evidence from fields experiments. in CODY (M.L.), DIAMOND (J M) eds *Ecology and evolution of communities*, Cambridge, Belknap Press, 460-490

DAVIDSON (P.E.), 1967. — A study of the Oystercatchers *Haematopus ostralegus* L. in relation to the fishery of Cockles *Cardum edule* L. in the Burry Inlet, South Wales. *Fishery Invest. Lond.* II 25, 1-28.

DAYTON (P.K.), 1971 — Competition, disturbance and community organisation : the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.*, 41, 351-389

ELLIOT (J.N.), 1971. — Statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Freshwater Biol. Ass. Scientific Publ.*, 25, 1-148.

GOSS-CUSTARD (J.D.), 1977. — The ecology of the Wash. III Density related behaviour and the possible effects of a loss of feeding grouds on wading birds (charadrii). *J. Appl Ecol.*, 14, 721-739

GOSS-CUSTARD (J.D.), 1982. — Competition for food and interference among waders. *Ardea*, 68, 31-52.

HANCOCK (D.A.), URQUHART (A.E.), 1967. — The determination of the natural mortality and its causes in an exploited population of Cockles (*Cardium edule*) *Fisheries Invest. Lond.*, 2.

HORWOOD (J W.), GOSS-CUSTARD (J.D.), 1977. — Predation by the Oystercatcher *Haematopus ostralegus* (L.) in relation to the Cockle *Cerastoderma edule* (L.) fishery in the Burry Inlet, South Wales. *J. Appl. Ecol.*, 14, 139-158.

HULBERG (L.W.), OLIVER (J.S.), 1980. — Caging manipulations in marine soft bottom communities *Can. J. Fish Aquat Sci* , 37, 1130-1139.

LE CALVEZ (J C.), 1984. — Relations entre la faune annélidienne et un crustace decapode *Carcinus maenas* L. dans le Bassin maritime de la Rance (Bretagne nord). *Oceanis*, 10, 785-796.

LE CALVEZ (J.C.), 1986. — Les crustacés décapode dans le bassin marium de la Rance ; cas particulier du crabe vert *Carcinus maenas* L. : rôle trophique et impact sur les communautés benthiques de substrat meuble. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Univ. Rennes I, 223 p.

MENGE (B A.), 1976. — Organization of the New England rocky intertidal community : role of predation, competition and environmental heterogeneity. *Ecol. Monogr.*, 46, 355-393.

PAINE (R.T.), 1966. — Food web complexity and species diversity *Amer. Nat.*, 100, 65-75

PAINE (R.T), 1971. — A short term experimental investigation of resource partitioning in a New Zeeland rocky intertidal habitat. *Ecology 52*, 1096-1106

PAINE (R.T.), 1974. — Intertidal community structure. Experimental studies on the relationship between a dominant competitor and its principal predator. *Oecologia*, 15, 93-120

PETERSON (C.H.), 1979. — Predation, competitive exclusion and diversity in the soft-sediment communities of estuaries and lagoons in LIVINGSTON (R.J.) ed., *Ecological processes in coastal and marine systems*, New York, Plenum Press, 233-264.

QUAMMEN (M.L.), 1981. — Use of exclosures in studies of predation by shorebirds on intertidal mudflats. *Auk.*, 98, 812-817.

QUAMMEN (M L.), 1982. — Influence of subtle substrate differences on feeding by shorebirds on intertidal mudflats. *Marine biology*, 71, 339-343.

QUAMMEN (M.L), 1984 — Predation by Shorebirds, Fishes and Crabs on invertebrates in intertidal mudflats : an experimental test. *Ecology*, 65, 529-537

REISE (K.), 1977a. — Predator exclusion experiments in an intertidal mudflat. *Helgoländer Wiss. Meeresunters*, 30, 261-271.

REISE (K.), 1977b. — Predation pressure and community structure of an intertidal soft-bottom fauna In KEEGAN (B F.), CEIDIGH (P.D.), BOADEN (P J S.), *Biology of benthic organisms*, Pergamon Press.

SCHNEIDER (D.C.), HARRINGTON (B.A.), 1981. — Timing of shorebird migration in relation to prey depletion. *Auk*, 98, 801-811

SOKAL (R.R.), ROHLF (F.J.), 1969. — *Biometry*. Freeman, San Francisco.

SUTHERLAND (W.J.), 1982. — Spatial variation in the predation of Cockles by Oystercatcher at Traeth Melynog, Anglesey. I The Cockle population. *J. Anim. Ecol.*, 51, 481-489.

TRIPLET (P), 1984. — Facteurs abiotiques et biotiques conditionnant une stratégie de recherche de nourriture : l'exemple de l'Huitrier-pie *Haematopus ostralegus* (L.) prédateur de la Coque *Cerastoderma edule* (L.) en Baie de Somme *Mem. DEA Ecol.*, Univ. Paris VI, 115 p

VIRNSTEIN (R.W.), 1977. — The importance of predation by crabs and fishes on benthic in fauna in Chesapeake Bay. *Ecology*, 58, 1199-1217.

VIRNSTEIN (R.W.), 1978. — Predator caging experiments in soft sediments : caution advised in WILEY (M.L.) ed., *Estuarine interactions*, New York, Academic Press.

WOODIN (S A.), 1974. — Polychaete abundance patterns in a marine soft sediment environment : the importance of biological interactions. *Ecol. Monogr.*, 44, 171-187.

YOUNG (D K.), BUZAS (M.A.), YOUNG (M.W.), 1976. — Species densities of macrobenthos associated with eelgrass . a field experimented study of predation. *J. Mar. Res.*, 34, 577-592.

ERRATA

«PEUT-ON PARLER D'ÉCOLOGIE URBAINE ?»
(**Tribune**, par Philippe LEBRETON, *Bull. Ecol.*, septembre 1987, tome 18, pages 203-206)

Les épreuves de l'article n'ayant pu, pour des raisons matérielles, être soumises à l'auteur, il en est résulté quelques erreurs, corrigées ci-dessous :

— p. 203, 1ère colonne, ligne 3 du 3ème paragraphe, lire : «... le contenu des quelque 200 pages...».

— p. 204, 1ère colonne, milieu de page, lire : «... quasi nul) et osera-t-on qualifier...».

— p. 204, 1ère colonne, 10 lignes plus bas que ci-dessus. Un «mastic» a rendu le milieu du paragraphe incompréhensible, lire : «... que celui de nos réseaux d'égouts ou d'adduction d'eau potable. Comparaison n'est pas forcément raison, et l'on évitera les recours au jargon qui ont tant fait... Les mégalopoles modernes constituent un anthropo-tope artificiel...».

— p. 204, 2ème colonne, 9 lignes avant la fin, lire : «... ce qui, pour le scientifique du moins n'est qu'une lapalissade...».

RÉSUMÉS DE THÈSES

Christine BRUNEL. — **Étude entomocoenotique le long d'un transect culture - coteau calcaire - vallée humide à la Chaussée-Tirancourt (vallée de la Somme) : répartition spatio-temporelle du peuplement.** Thèse de doctorat de 3ème cycle, Université des Sciences et Techniques de Lille, 30 mars 1987, (187 pp. + annexes et 59 fig.). JURY : M. PORCHET (*Président*), S. FRONTIER (*Rapporteur*), M. CHEVIN, N. HAWLITZKY, J.C. ONILLON, P. PERSONNE (*Examinateurs*).

Il s'agit de l'analyse, par des méthodes statistiques multivariables, des résultats de l'échantillonnage des diptères et hyménoptères sur divers milieux adjacents : plateau cultivé / coteau calcaire en friche / fond de vallée pâturée. Un gradient d'humidité se traduit par cinq ceintures végétales distinctes phytosociologiquement (un relevé phytosociologique par station de piégeage est donné ainsi que des indications microclimatiques) que nous avons échantillonnées le long du transect au moyen de pièges attractifs de couleur jaune. Les relevés des pièges sont effectués toutes les semaines pendant la période d'activité des insectes, soit d'avril à octobre, durant deux années consécutives. Parmi les 500.000 insectes capturés, 40.000 ont été triés et dénombrés dont 20.000 ont pu être déterminés à l'espèce. Près de 400 espèces sont recensées parmi les taxons suivants : diptères *Dolichopodidae, Sciomyzidae, Stratiomyidae, Agromyzidae*, hyménoptères Symphytes. Les diptères *Syrphidae* et les hyménoptères Apocrites sont dénombrés et déterminés à des niveaux taxonomiques supraspécifiques.

Deux types d'approches sont utilisées :

— une approche autoécologique par inventaire qualitatif des espèces piégées permet de préciser la phénologie et la chorologie de certaines d'entre elles,

— une approche synécologique par la mise en oeuvre d'analyses quantitatives, réalisées séparemment par familles est réalisée selon deux méthodes. (1) l'analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.) appliquée à divers tableaux de contingence composites donnant des résultats sous forme de groupes de relevés (stations ou semaines), groupes d'espèces et «correspondances» entre les deux classifications ; (2) l'analyse de la diversité spécifique par calcul d'indice de diversité de Shannon-Weaver et par des diagrammes rangs-fréquences.

L'analyse factorielle la plus approfondie est réalisée sur les Dolichopodides (111 espèces dont 56 suffisamment fréquentes pour être traitées par A.F.C.). Le tableau de données résulte de la juxtaposition de deux tableaux de contingence. Un premier tableau croise les espèces et les stations, pour l'ensemble de la période de piégeage, un second tableau croise les espèces et les semaines, pour l'ensemble des stations du transect. L'analyse unique effectuée sur un tel tableau révèle une interaction statistique entre l'influence des stations et l'influence des semaines sur la composition faunistique des relevés. Un effet Guttman très caractérisé sépare cependant les deux types d'effets, individualisant un gradient spatial et une évolution saisonnière, partiellement liés. Ce sont d'une part les premières semaines de piégeage (températures fraîches), et d'autre part les stations les plus sèches (plateau cultivé) qui sont le plus fortement et indépendamment discriminées par l'effet Guttman. Certaines espèces sont plutôt caractéristiques d'une saison, et d'autres plutôt caractéristiques d'une station. En outre, le groupement des espèces en genres permet de constater que certains genres «répartissent» leurs espèces le long du gradient temporel, alors que d'autres les répartissent le long du gradient spatial. Cela conduit à penser que la radiation adaptative, et le partage des ressources, entre les espèces d'un genre se sont effectués, selon les genres, soit par un partage du temps de présence soit par un partage de l'espace. Une des conclusions écologiques importantes d'une telle constatation est l'individualité écologique qui semble caractériser un genre, qui répond à un gradient plutôt qu'à un autre au niveau même de sa spéciation. Les analyses moins approfondies effectuées sur les autres groupes confirment les caractères généraux de ce partage temps-espace. Il en est de même des analyses de la diversité spécifique, qui montrent en outre que les groupes phytophages d'une part, prédateurs d'autre part, ont des caractères de diversité différents. En particulier, la variabilité et la diversité dans la saison est plus grande pour les phytophages que pour les prédateurs qui montrent un maximum de diversité assez régulièrement étalé entre juin et août.

Ces diverses méthodes mathématiques ont ainsi mis en évidence l'existence d'associations faunistiques précises. Les espèces se répartissent sur l'ensemble du continuum échantillonné. Cependant, les variations des rapports quantitatifs des espèces sont perçues par l'analyse mathématique et se traduisent par des changements d'associations faunistiques. Cette étude a permis également de révéler d'une part les liens d'affinité écologique de ces entomocoenoses avec les biotopes étudiés en fonction des dates de piégeage, et d'autre part, l'existence de facteurs écologiques clés responsables de la répartition observée. Cette répartition est fonction de la mobilité et du niveau trophique des taxons étudiés. Les associations plurispécifiques liées aux conditions extrêmes des gradients précédemment définis (thermique et hydrique) constituent alors des indicateurs écologiques d'autant plus efficaces que l'étendue vraisemblable de leurs zones d'utilisation est précisée par des limites spatio-temporelles bien définies.

La mise en évidence de l'individualité écologique des genres et la simplicité de la méthode de piégeage utilisée devraient permettre dorénavant aux études entomocoenotiques de réaliser une approche écologique du site aussi asée que par des études phytocoenotiques, voire même plus sensible à certaines modifications du site.

Philippe FOUILLET. — **Évolution des peuplements d'Arthropodes des schorres de la baie du Mont Saint-Michel : influence du pâturage ovin et conséquences de son abandon.** Thèse de Doctorat de troisième Cycle soutenue le 19 décembre 1986 à l'Université de RENNES I. JURY : MM. LEFEUVRE, TREHEN, CANCELA DA FONSECA, BLANDIN, CANARD. Lab. d'Évolution des Systèmes Naturels et Modifiés, M.N.H.N., U.A. C.N.R.S. 696. (300 p., 120 fig., 62 tabl.).

Les peuplements d'Arthropodes terrestres des vases et prairies salées ont été très peu étudiés le long du littoral atlantique Français. Les inventaires ponctuels ne permettent que des analyses limitées des variations géographiques des communautés ou des influences des zonations abiotiques sur les espèces. Les schorres (ou prés salés) de la baie du Mont-Saint-Michel offrent l'opportunité, sur 4.500 ha, d'une grande variété de conditions marégraphiques et édaphiques reflétée par la diversité des groupements végétaux recensés sur ces milieux. Le pâturage ovin et bovin se traduit de plus par l'apparition de paysages différenciés (pelouse rase du *Puccinellietum* secondaire). Ce cadre complexe est propice à l'analyse comparative des étendues de répartitions des espèces et des variables mésologiques. Trois groupes de macroarthropodes, aux densités importantes sur ces prés salés, ont été étudiés :

— les Amphipodes Talitridés (principaux détritiphages des prés salés) ;

— les Coléoptères Carabiques et les Aranéides (prédateurs dominants à la surface du sol)

La mise en évidence des transformations progressives des peuplements (composition, structure) le long des gradients d'influence marine et l'analyse des modifications induites par le pâturage ou les conditions édaphiques sont les principaux buts de cette étude.

La première partie décrit les stations et les méthodes d'échantillonnages qui sont communes aux trois taxons. Chacun de ceux-ci fait l'objet d'une analyse détaillée (distributions spatio-temporelles et relations avec les descripteurs des biotopes). Dans la dernière partie sont discutés les modes de colonisation des prés salés par les trois groupes, leur sensibilité aux facteurs abiotiques, l'incidence du pâturage et leur intérêt en tant qu'indicateur écologique.

MÉTHODES D'ÉTUDES DES MILIEUX ET DES PEUPLEMENTS

Le plan d'échantillonnage a pour base une série de transects perpendiculaires au rivage, s'étendant, le long des gradients d'influence marine, depuis les vasières nues jusqu'aux contacts terrestres. Sept secteurs représentatifs de la variété des successions de milieux du littoral, ont été étudiés. Le long de chacun, il a été défini une série de stations équidistantes (une dizaine espacées de 50 à 150 m en fonction des longueurs totales des transects) où sont analysées les variables abiotiques, la végétation et la faune. Les trois transects situés à l'ouest du Mont Saint-Michel correspondent à des schorres «maritimes» (aux moitiés inférieures très halophiles). Le premier (Le Vivier sur Mer, 9 stations, 600 m) correspond à une formation à Puccinellies dense et non pâturée sur sol hydromorphe. Le second (Polder-Bertrand, 9 stations, 1400 m) est une pelouse de Puccinellies rase et homogène, subissant une forte pression de pâturage ovin. Le troisième (Ferme Neuve, 9 stations, 1400 m) est recouvert pour les deux tiers d'une formation semi-arbustive d'Obione (*Halimionetum*) séparée des polders par une prairie à *Festuca rubra* et *Agropyron pungens*. Le transect du schorre de Genêts (côte Nord de la baie, 7 stations, 500 m) comprend une haute-slikke hydromorphe à *Spartina townsendi* et un haut schorre à Phragmites et Scirpes maritimes. Les schorres de Roche-Torin (10 stations, 1500 m) et du Mézeray (7 stations, 450 m) sont situés en zone estuarienne et sont faiblement salés et pâturés par des ovins et des bovins (prairies à Puccinellies, *Agrostis, Joncus*). Le dernier transect recoupe une formation à Obiones situé dans une enclave dunaire (Bec d'Andaine, 3 stations, 100 m).

Pour toutes les stations une évaluation des fréquences de submersion marine (nombre de marées recouvrantes sur nombre de marées totales) a été obtenue en cartographiant, grâce aux pots-pièges inondés, les zones atteintes pour des coefficients connus. Ces données sont relativisées par l'évaluation des capacités de drainage des sols après les marées. Au niveau du substrat superficiel les taux de salinité et d'humidité ont été mesurés à trois moments de la saison chaude (début mai, juin et août) ; les caractéristiques granulométriques et chimiques ont été quantifiées. Des mesures de gradients microclimatiques au sein des couverts et dans les sols fissurés permettent de comparer les conditions régnant dans les habitats en période estivale.

Dans un premier temps l'analyse des communautés d'Arthropodes actifs au sol a été effectuée à partir de pièges d'interception (piège Barber en verre de 10 cm de diamètre, contenant de l'acide picrique). Les piégeages sont liés aux périodes de mortes-eaux et correspondent à cinq (1983) ou dix fois (1984) cinq jours de capture, répartis entre mai et septembre.

Les comparaisons des peuplements sont effectuées à partir des données cumulées annuelles. Le degré d'hétérogénéité le long de transects a été mesuré grâce aux coefficients de corrélation de point et de Sperman. Des classifications hiérarchiques en fonction de deux critères d'agrégations (moment centré d'ordre deux et agrégation par vraisemblance des liens) permettent de regrouper les stations faunistiquement homologues de tous les transects et complètent les déductions obtenues grâce aux analyses factorielles. La projection, sur des substrats des groupes de stations ainsi définis permet de juger de leur homogénéité mésologique.

La comparaison de la faune active et de la faune totale dans les phytocénoses dominantes de prés salés (*Halimionetum* et *Puccinellietum*) ainsi que la mesure de pics de densités dans des micromilieux propices à des agrégations plurispécifiques temporaires, a nécessité un échantillonnage par prélèvement du substrat et de la végétation (5 ou 10 fois un dixième de m^2 sur 6 zones en avril et début d'été 1985). Ces données permettent de comparer les peuplements des *Puccinellietum* en fonction de leur degré l'assèchement et les modalités d'utilisation des faciès au sein de l'*Halimionetum* (couvert d'obiones, touffes de Graminées, dépressions humides).

RÉPARTITION DES AMPHIPODES TALITRIDES DU GENRE *ORCHESTIA*

Deux espèces d'*Orchestia* (*O. gammarella* et *O. mediterranea*) se partagent les prairies d'halophytes. *O. mediterranea* se localise sur les bas niveaux : haute slikke à Spartines, *Puccinellietum* primaires et chenaux. Les captures au piège d'interception ne sont régulières et importantes qu'aux niveaux des prairies à Puccinellies caractérisées par des fréquences de submersions marines supérieures à 18 % (zones inondables par des marées de faibles amplitudes). La sensibilité de cette espèce à ce facteur est mise en évidence par sa disparition au niveau de la partie moyenne des mêmes schorres aux condi-

tions mésologiques identiques excepté l'inondabilté plus faible. Aux niveaux des milieux dénudés les populations d'*O. mediterranea* sont agrégatives. Les concentrations les plus importantes sont observées aux niveaux des microfalaises fissurées bordant les chenaux parcourant les bas schorres pâturés par les ovins. Les conditions d'inondabilité sont semblables aux précédentes, l'absence de macrophytes ne constitue pas un facteur limitant.

O. gammarellus présente des populations importantes aux niveaux des formations végétales hautes des schorres moyens (zones à Obiones, prairies à Puccinellies non pâturées). Sur les hauts niveaux seuls les zones à humidité permanente sont habitées (scirpaie, bordures de mares, agropyraie). La confrontation avec les facteurs abiotiques montrent que cette espèce s'adapte à une large gamme de fréquences de submersion et de salinités. Aux niveaux des prairies à Puccinellies, les captures au piège et les densités sont d'autant plus importantes que les couverts sont hauts et denses et que les sols sont humides (en période estivale). Sous Obiones, les captures par piégeage sont aussi importantes que dans les prairies humides à Puccinellies bien que les sols y soient significativement plus secs. Les densités dans les couverts d'Obiones sont faibles proportionnellement aux captures par pièges. Divers micromilieux correspondent à de fortes densités et rassemblent 30 à 50 % de la population : touffes de Graminées au printemps, couverts denses et surtout dépressions humides en été. Ces migrations verticales et horizontales sont liées à des gradients microclimatiques et illustrent l'adaptabilité d'*O. gammarellus* à des milieux non optimaux.

ANALYSE DU PEUPLEMENT D'ARANEIDES DES SCHORRES

62 espèces appartenant à 10 familles ont été capturées grâce au piégeage. Les espèces dominantes sont des Lycosidés (genres *Pardosa* et *Arctosa*), des Tétragnathidés (*Pachygnatha*) et des Erigones (*Erigone, Oedothorax*). Les répartitions, les évolutions temporelles des captures et les abondances des principales espèces sont discutées. La comparaison des caractéristiques mésologiques des groupes de stations aux captures homologues permet de relier spécificités des ensembles capturées et particularités des biotopes. Les phytocénoses de haut schorre, liées à des milieux extrêmes du point de vue hydrique (pelouse sableuse, phragmitaie) contiennent les groupements les plus différenciés. L'ensemble des autres prairies est habité par un même ensemble d'espèces. Ce sont les abondances relatives de *Pardosa monticola* et de *Erigone longipalpis* ainsi que la diversité des autres espèces capturées qui déterminent les groupements statistiques (classification hiérarchique).

Le seul milieu correspondant à une transition avec le peuplement des prairies humides non halophiles est le haut schorre humide à *Agrostis* et *Juncus* pâturé par des bovins où une quinzaine d'espèces prairiales (dont sept Lycosidés) sont présentes. Les prairies non pâturées des hauts schorres maritimes ne sont colonisées que par deux Lycosidés et par un ensemble mixte d'espèces de zones humides et de prairies sèches littorales dont l'extension est limitée aux zones à salinité inférieure à 12 ‰. Le groupe de stations au peuplement capturé le plus homogène et aux affinités les plus fortes correspond à deux types de milieux très différents et essentiellement à quatre espèces : *P. monticola, E. longipalpus, Arctosa fulvolineata* et *Oedothorax fuscus*. Ces espèces «halotolérantes» colonisent l'ensemble des bas schorres quelles que soient les conditions hydriques et salines. Le même groupe caractérise les prairies estuariennes pâturées par les ovins (pelouses à faible salinité mais forte variation des teneurs en eau). En bas schorre le pâturage ovin détermine un peuplement capturé où les Erigones dominent (80 % des captures) au détriment des Pardoses aux populations très réduites.

La multiplicité des facteurs intervenant dans l'établissement des espèces est discuté en fonction des particularités de leur biologie.

ANALYSE DU PEUPLEMENT DE COLEOPTERES CARABIQUES DES SCHORRES

L'exploitation du peuplement capturé par piégeage a permis d'analyser les répartitions spatio-temporelles des espèces et de rechercher les conditions prévalant dans l'établissement des groupements

68 espèces ont été capturées, cependant les deux tiers sont localisées à des biotopes particuliers, morphologiquement et floristiquement distincts : hautes-slikkes maritimes (Tréchidés : *Pognus luridipennis* et *Tachys scutellaris*) ou estuariennes (Cicindèles halophiles : *C. trisignata* et *C. lunulata*), substrats humides des marges temporaires (peuplement pélophile : *Pogonus littoralis, Notaphus varius*), phragmitaie (*Agonum lugens, Europhilus thoreyi*) et pelouses xérophiles (*Harpalus affinis, Calathus mollis*).

Les espèces liées aux prairies d'halophytes sont des Tréchidés (*Pogonus chalceus, Emphanes normannus, E. minimus, Philochthus ircolor, Metallina properans*), un Harpalidé (*Dichirotrichus gustavii*), des Scaritidés (*Dyschirius*) halophiles ou halobiontes et un Cicindèle (*C. germanica*). Les peuplements stationnels capturés sont peu diversifiés (3 à 8 espèces) et un ou deux Carabiques dominent toujours nettement. Plusieurs pics de captures se succèdent : juin pour les Tréchidés et les Scaritidés, juillet pour les Cicindèles et septembre pour l'Harpalidé.

Les analyses statistiques montrent qu'il est possible de relier les dominances stationnelles aux fourchettes de variations estivales des taux d'humidité et de salinité des horizons de surfaces et ceci indépendamment des types de couverts végétaux. Des espèces localisées et capturées en faibles nombres soulignent de plus des conditions plus précises. On distingue deux séries de dominances (pour des salinités décroissantes) : une liée à des substrats à fortes variations hydriques (saturation printanière) caractérisée par des Tréchidés et une seconde correspondant à des sols filtrants soulignée par les espèces des autres familles.

L'analyse des densités confirme les dominances déterminées par les piégeages. Les répartitions des espèces sont discutées en fonction des connaissances sur la biologie des adultes et des larves

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les transformations des peuplements en parallèle à la gradation de l'influence marine sont discutées en fonction des modes de colonisation des schorres et des sensibilités abiotiques des trois taxons.

Les Carabiques, liés aux caractéristiques des substrats et peu sensibles aux modifications du couvert végétal, peuvent être considérés comme des indicateurs fiables de conditions édaphiques de alinité et d'évolution des teneurs en eau. Leur intérêt est renforcé au niveau des prairies pâturées où la végétation est homogénéisée (*Puccinellietum* secondaire) et n'exprime plus les gradients naturels.

La mise en évidence des relations entre les peuplements et les descripteurs des milieux permet l'établissement d'une base de données à comparer sur d'autres schorres Atlantiques. L'étude plus détaillée des structurations des peuplements implique un suivi des densités et des microlocalisations (en particulier pour les Araneides).

Si les importances des populations de Talitridés peuvent être reliées aux caractéristiques abiotiques des habitats, l'influence de la disponibilité en ressources trophiques (nécromasse d'halophytes, microphytobentos) reste à déterminer. La compréhension des interrelations entre les trois groupes étudiés implique l'analyse des régimes alimentaires des prédateurs.

L'existence de zones mésologiquement identiques mais aux pressions de pâturage très différentes ou en évolution rapide permet de schématiser les transformations des groupements entre deux états extrêmes (pelouse surpâturée et prairie naturelle). Les dominances stationnelles de certains Carabiques (liées à divers états hydriques des sols) permettent d'anticiper l'évolution de la végétation en cas de modification de la pression de pâturage : *Emphanes minimus* marque (sur les prairies naturelles) les zones qui peuvent évoluer le plus rapidement en *Puccinellietum* secondaire, *Dichirotrichus gustavi* indique (sur les pelouses pâturées) les secteurs les plus propices à la réimplantation de l'Obione.

Claude TOSCA. — **Structure, dynamique** et **fonctionnement des écosystèmes prairiaux supra-forestiers des Pyrénées Centrales**. Thèse de Doctorat d'Etat soutenue le 3 octobre 1986 devant l'Université Paul Sabatier de Toulouse. (JURY : MM. E. ANGELIER, P. REY, P. LOSSAINT, P. MONTSERRAT, A. BAUDIERE, C. BERTHELEMY, G. DURRIEU, L. LABROUE) (254 pages, 44 tableaux, 75 figures, 7 pages d'annexes, 239 références bibliographiques) (Université P. Sabatier, Laboratoire d'Ecologie Végétale, 39 allées J. Guesde, 31062 Toulouse Cedex).

Dans les Pyrénées, comme dans la plupart des massifs montagneux, les **pelouses supra-forestières** ont été depuis des millénaires le siège d'une intense activité pastorale, laquelle, par la pression permanente qu'elle a exercée sur la végétation, a été un des facteurs déterminants de la structure des communautés végétales. Actuellement, le cirque du Tourmalet (1.700 à 2 300 m d'altitude) est le siège d'une «**révolution écologique**» ; à un **modèle pastoral** traditionnel succède un **modèle touristico-industriel** résultant de l'implantation d'un vaste complexe sportif hivernal (station de ski de La Mongie)

Le but de ce travail a donc été de dégager la structure du paysage actuel et, par l'étude tant du fonctionnement des espèces dominantes que de celui des communautés, d'estimer la dynamique évolutive des pelouses d'altitude.

LES FACTEURS DU MILIEU

Les facteurs climatiques. Les **précipitations annuelles** voisines de 1300 mm, se font essentiellement sous forme neigeuse. Après la fonte des neiges, la **température** des horizons superficiels du sol est indépendante de celle de l'air (maximas plus élevés, minimas plus faibles) alors qu'en profondeur le régime est plus régulier. **L'humidité de l'air** connaît en général d'importantes variations nycthémérales, avec une forte désaturation nocturne et en début de journée suivie d'une hygrométrie proche de la saturation dans l'après-midi. Cette alternance dans la transparence de l'air et l'orientation générale des versants entraînent une très nette opposition dans les climats énergétiques : les fortes pentes d'exposition Sud et Sud-Est reçoivent en moyenne durant l'été 215 Kjoules/cm^2, soit 45 Kjoules/cm^2 de plus que les versants nord et ouest (cet excédent correspond à une perte en eau supplémentaire de l'ordre de 100 mm)

Le facteur édaphique. Développés sur des calcschistes du Dinantien les sols ont subi la pédogénèse classique des zones de haute montagne marquée par les phénomènes de **cryoturbation** (sur les croupes ventées) ou de **solifluxion** (sur les fortes pentes) et peuvent être ramenés à deux grands types de **rankers** :

— les rankers cryptopodzoliques à mull moder,

— les rankers à mull

Les premiers se sont surtout développés sur substrat calloutteux et sont peu profonds, tandis que les seconds s'observent surtout sur des substrats plus épais et dans lesquels domine la terre fine. Tous sont caractérisés par l'absence d'accumulation de matière organique (le rapport C/N est toujours inférieur à 15) et une forte altération des éléments minéraux (l'**alumine libre** constitue entre 0.3 et 1.4 % de la fraction minérale, le **fer libre** entre 1.5 et 3 % ; mais on n'observe jamais de migration du fer libre, à l'inverse de l'alumine dans certaines situations (groupements à *Festuca Eskia* et dans des stations de faible pente). Dans ces mêmes stations le phénomène de **podzolisation** se manifeste par la migration de l'**aluminium échangeable**, toujours présent en surface en grande quantité (298 ppm en moyenne, jusqu'à 867 ppm dans une combe à neige) à l'exception des stations proches des parois rocheuses où le **pH** est voisin de la neutralité.

Synthèse des facteurs du milieu 5 paramètres de situation (pente, altitude, position sur le versant, azimut, énergie incidente) et 18 paramètres édaphiques se rapportant à la matière organique, la granulométrie, le complexe d'échange, le degré d'altération des minéraux ont été retenus pour traduire les conditions physico-chimiques de 27 stations-échantillons. En procédant à une **A.C.P.** sur ces données nous avons pu dégager deux groupes de facteurs actifs :

— fortement corrélés avec l'axe 1 se retrouvent les paramètres physico-chimiques traduisant l'état du complexe d'échange.

— avec l'axe 2 sont corrélés les deux paramètres expliquant le niveau énergétique des stations (l'exposition et la quantité d'énergie disponible).

Une cartographie des scores des stations sur l'axe 1 fait apparaître la dynamique de l'altération des sols qui s'effectue de haut en bas des versants quelle que soit leur orientation (baisse du pH, diminution du taux de saturation en base, augmentation de la teneur en aluminium échangeable et parfois même en argiles). Ce processus peut s'expliquer par l'importance du **drainage** et par les **propriétés complexantes** des eaux de fonte des neiges

De même une cartographie des scores des stations sur l'axe 2 souligne le rôle primordial des conditions énergétiques en milieu de haute montagne en opposant les stations en ombrée à celles situées sur les versants sud ou sud-est.

ÉTUDE FLORISTIQUE

L'homogénéité floristique de 31 stations-échantillons a été testée par l'élaboration de la **courbe aire-espèces** dont l'équation générale est de type :

$$N = N_0.S^b$$

avec un coefficient de corrélation compris entre 0,915 et 0,996. La **richesse floristique** est relativement faible (32 espèces en moyenne, 14 pour les plus pauvres, 52 pour les plus riches) ; dans certaines stations le faible nombre de taxons est la conséquence d'une forte charge animale (20 espèces en moyenne pour des groupements pâturés) ou traduit le fort pouvoir décolonisation de *Festuca Eskia* (richesse floristique : 28).

Neuf groupes chorologiques ont été retenus pour expliquer l'origine des 170 espèces identifiées : le quart des taxons se sont différenciés dans les montagnes européennes ; un autre quart est composé pour parties égales d'éléments traduisant les influences climatiques majeures qui s'exercent sur la «**zone intra-pyrénéenne**» (atlantique, méditerranéen, ibérique, continentale), et l'endémisme est faible

ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION

Les recouvrements des espèces, mesurés par la **méthode du double-mètre**, ont été utilisés pour identifier les groupements végétaux en procédant à une **agglomération hiérarchique ascendante** basée sur le minimum de variance entre groupes, les similarités entre relevés étant représentées par la **distance euclidienne normalisée**

Deux grands ensembles floristiques se dégagent (à *Festuca Eskia* d'une part et à *Nardus stricta* d'autre part), comportant chacun plusieurs sous-unités selon la présence ou non de *Trifolium alpinum* et le degré de recouvrement du sol par la végétation

Une A.F.C. effectuée sur les fréquences spécifiques a permis d'identifier les espèces responsables des différentes sous-unités et de mettre en évidence plusieurs **individus d'associations** déjà décrits dans les Pyrénées :

— *Galio-Festucetum eskiae* riche en *Veronica fruticulosa*,

— *Trifolio-Festucetum eskiae* avec *Conopodium majus*,

— *Ranunculo pyrenei-Festucetum eskiae* dans lequel *Ranunculus pyreneus* et *Selinum pyreneum* traduisent la longueur de la période d'anaérobiose.

Dans la nardaie se différencient :

— l'*Irido-Festucetum* où abonde *Iris xyphioides*

— le *Nardo-Polygaletum festucetosum rubrae* avec *Trifolium alpinum* sur les pentes plus humides,

— le *Trifolio-Agrostidetum* dans les zones perturbées mécaniquement,

— le *Festuceto-Trifoletum thalii* sur les hauts de pente en ombrée,

— le *Selino-Nardetum* qui représente un stade plus avancé de l'évolution des pelouses.

La mise en corrélation des contributions des relevés suivant les deux axes factoriels principaux (17.8 et 11.9 % respectivement de la variance totale initiale) avec les paramètres structuraux de la végétation (indice de diversité de SHANNON) ou du milieu montre que deux facteurs sont essentiellement responsables de la différenciation des communautés :

— le permier est d'ordre biologique et traduit le comportement social des espèces, leur pouvoir de compétition et leur réaction aux multiples contraintes auxquelles elles sont soumises.

— le deuxième est d'ordre climatique et directement lié à l'exposition.

STRUCTURE DES COMMUNAUTÉS

La distribution des fréquences spécifiques (après regroupement en octaves) dans tous les relevés est de **type log-normal**, modèle qui traduit le caractère multiplicatif (et non pas additif comme dans la distribution normale de Gauss) des diverses pressions qui s'exercent sur les communautés (climatiques mais aussi anthropiques). Ce modèle permet d'identifier des groupements stabilisés socialement (cas des communautés à *Festuca Eskia* dominant, des nardaies à Iris fasblement pâturées) ; d'autres sont le siège d'un déséquilibre traduisant la reprise de la dynamique de la végétation par diminution de la charge animale (cas des stations où *Trifolium alpinum* est abondant)

Cette distribution des fréquences n'est en fait que la traduction d'une hiérarchisation des espèces à l'intérieur des communautés et donc du degré de compétition interspécifique. Les **courbes de concentration** de GINI-LORENTZ dans tous les relevés sont marquées par un rapport d'inégalité très faible : les plus élevés (25/75) s'observent dans les milieux jeunes (naturels pour les hauts de pente, artificiels pour les zones de recolonisation) largement «ouverts à la compétition», les plus faibles (13/87, 18/82) traduisant la domination de quelques taxons. En outre, le type de concentration est une bonne illustration de la dynamique interne des groupements : la proportion d'espèces recensées par la méthode des points-quadrats par rapport à la richesse floristique est inversement proportionnelle à l'indice de concentration, alors que la proportion d'espèces productrices lui est proportionnelle.

DIVERSITÉ ET ÉVOLUTION

La **théorie de l'information** permet d'exprimer le niveau d'évolution d'un écosystème par l'établissement d'indices de diversité. Partant de l'hypothèse que le modelé post-glaciaire n'a pas atteint partout un **équilibre biostasique** est que l'évolution est aussi fortement dépendante de la pression pastorale, la dynamique des pelouses a été étudiée tant sur le plan de la richesse floristique que sur celui de la distribution spatiale des individus.

Dans chacune des deux toposéquences majeures (sols caillouteux avec *Festuca Eskia*, sols terreux à *Nardus stricta*) l'exposition et la pente conditionnent l'existence d'**hygrosère** et de **xérosère** convergeant vers un **stade climacique**. Dans ce schéma évolutif il apparaît que la faible organisation des peuplements juvéniles se traduit par une faible diversité.

La maturité se poursuivant on aboutit à une diversité maximale mais qui ne marque pas ipso-facto la fin de l'évolution : celle-ci peut se poursuivre localement sous l'action d'une pression animale supérieure qui favorise l'extension d'espèces peu consommables comme *Nardus stricta*, ou d'une pression endogène (extension de *Festuca Eskia*) entraînant une diminution de la diversité. Si le pâturage peut être considéré comme une «**pression de prédation**» qui favorise une diversité élevée, le surpâturage et certaines pratiques pastorale ancestrales comme l'**écobuage** apparaissent plutôt comme des «**pressions d'élimination**» qui entraînent une diminution de la diversité.

La richesse floristique atteint son optimum dans les premiers stades de colonisation, tandis que les indices structuraux (diversité de SHANNON, équitabilité de PIELOU, redondance de PATTEN) se stabilisent plus longtemps et semblent moins sensibles au surpâturage.

LE PASTORALISME

La qualité des herbages est fonction de la proportion des espèces non fourragères. Si la production épigée est très élevée (de 4.6 à 6.2 t/ha suivant les groupements) le «**coefficient d'appétence**» (poids de matière consommable/production épigée) comme la valeur pastorale (calculée à l'aide d'indices de qualité) sont négligeables pour les groupements à *Festuca Eskia* mais atteignent des valeurs appréciables lorsque le «**fond prairial**» est constitué de *Trifolium alpinum, Festuca rubra* et *Nardus stricta* (VP = 40/100, coefficient d'appétence = 0.61). Si les premiers ne peuvent constituer que des pâturages extensifs, les seconds (qui couvrent près de la moitié du territoire) pourraient supporter une charge supérieure à celle que connaît ce territoire actuellement (taux de charge = 0,71).

L'amélioration des pâturages ne peut par ailleurs être envisagée que par une meilleure fréquentation animale ; en effet, si l'apport d'engrais entraîne une augmentation de la production épigée, celle-ci n'est due qu'aux espèces de faible appétence, la meilleure légumineuse (*Trifolium alpinum*) s'avérant très sensible aux amendements comportant du calcium.

LA PRODUCTIVITÉ PRIMAIRE

1 — La photosynthèse nette. La fixation photosynthétique de *Festuca Eskia*, voisine de 28 mg de CO2 par gramme de matière sèche pour une journée de beau temps, est plus faible que celles mesurées pour les autres espèces (76 mg par *Nardus stricta*, 140 mg par *Trifolium alpinum*, 148 mg par *Festuca rubra*) ; par contre la productivité de cette graminée (malheureusement non consommée par les animaux) est nettement plus élevée que celle des autres espèces compte tenu de son recouvrement (26 mg/m²/jour contre 18 mg, 12 mg et 22 mg respectivement). De plus, ses capacités photosynthétiques aux faibles températures lui assurent une longévité supérieure à celle des autres espèces, ce qui explique en partie sa propension à l'occupation du sol.

2 — La productivité racinaire. La majeure partie de la masse des racines est, dans le cas des nardaies, localisée dans les premiers centimètres du sol, et la répartition dans le profil est très bien traduite par une fonction puissance de la profondeur :

$m = 16{,}7.Z^{-1{,}335}$ avec Z en cm

(kg.m^{-2})

Au cours de l'été le **stock racinaire** et la **biomasse** proprement dite ne sont pas constants et leur évolution traduit à la fois le fonctionnement des végétaux et celui des décomposeurs ; en outre si le maximum du stock est observé dès la fonte des neiges celui de la seule biomasse n'est atteint que plus tardivement

Les biomasses sont inégalement réparties entre milieu aérien et milieu souterrain (respectivement 600 et 2190 g/m² à l'optimum de croissance) tandis que les productivités sont peu différentes : 600 et 690 g/m²/an, ce qui assure le renouvellement des racines en près de 4 années

3 — La respiration du sol. *In situ* comme en condition contrôlée la respiration du sol (exprimée en mg de CO2/heure/g de racines) est traduite par une fonction exponentielle de la température (pour des valeurs inférieures à 30°C), indépendamment de la nature du végétal colonisant le sol. En tenant compte des variations de la masse racinaire et de celles des températures dans le sol, ce modèle exponentiel a permis d'évaluer la perte totale en CO2 à 2.133 kg/m² pour une période de 148 jours (dans le cas d'une pelouse à nard et trèfle alpin) ; cette quantité dépasse celle transformée en biomasse pendant la même période (1 99 kg/m²), ce qui peut expliquer la non accumulation de matière organique dans les sols

4 — Les rendements photosynthétiques des diverses pelouses restent d'un niveau faible (entre 1 et 1,9 %) mais traduisent une **stratégie de développement sans risque**, particulièrement adaptée aux conditions climatiques défavorables des milieux de haute montagne.

LA NUTRITION MINÉRALE

Analysées dans les principales espèces des différents groupements, les teneurs en éléments majeurs (Ca, Mg, K, Na) opposent graminées et légumineuses : les premières sont plus riches en potassium mais plus pauvres en calcium et magnésium. Les espèces récoltées sur roche-mère calcaire sont plus riches en calcium que celles provenant de sols acides, mais elles sont plus pauvres en potassium.

Les rapports bivalents/monovalents opposent les graminées acidiphiles (rapport 1) à celles des sols carbonatés (rapports 3).

Les apports d'engrais, en augmentant les teneurs des plantes en élément correspondant à la nature de l'engrais, plaident en faveur de la prédominance des phénomènes d'adsorption racinaire (par saturation des sites de fixation dans la nutrition minérale des végétaux.

LE CYCLE DE L'AZOTE

1 — Évaluation des gains. La mesure *in situ* de la fixation biologique de l'azote a été effectuée par la méthode indirecte de la réduction de l'acétylène par la nitrogénase. Les résultats montrent que la fixation est très faible à haute altitude (moins de 200 g/ha/an à 2800 m) et ne représente qu'une faible contribution vis-à-vis des apports météorologiques de l'été (960 g/ha essentiellement sous forme ammoniacale).

La fixation biologique devient notable à l'étage subalpin (1 à 2 kg/ha/an) valeur toutefois inférieure à celles observées en zone tempérée. Le phénomène est essentiellement photoautrophique et n'est important que dans le cas des communautés riches en légumineuses (comme dans la toundra arctique la fixation hétérotrophique apparaît négligeable).

Les écosystèmes alpins dépourvus de légumineuses jouent simplement un rôle de filtre biologique vis-à-vis des apports météorologiques, et ceci sans inconvénients apparents.

2 — Minéralisation de l'azote organique. *In situ* l'azote minéral est essentiellement sous forme ammoniacale et les teneurs dans le sol subissent d'importantes variations au cours de la saison de végétation : à une phase printanière d'accumulation (entre 40 et 70 mg d'azote/kg de sol) succède une période de consommation par les végétaux qui abaisse le stock à des valeurs comprises entre 10 et 30 mg/kg suivant les situations ; la fin de l'été est généralement marquée par une reprise de l'accumulation dans le sol.

Les expériences d'incubation en conditions contrôlées montrent que les taux de minéralisation de l'azote organique diminuent fortement des échantillons récoltés à la fonte des neiges (entre 3 et 4.5 %) à ceux de la fin de l'été (0.5 à 2 %), indiquant une modification du substrat minéralisable. La minéralisation dépend de l'humidité des sols (l'optimum se situant entre 55 et 60 % d'humidité pondérale) et de la température (le Q10 varie de 1.92 à 2.9 pour des températures

allant de 15 à 35°C). Cependant, le taux maximum de nitrification est atteint pour une température de 15°C, confirmant ainsi la **psychrophilie** des souches nitrifiantes de haute altitude.

Les cinétiques de minéralisation obtenues lors d'incubation de longue durée peuvent être traduites par la somme de deux exponentielles et s'expliquent en supposant l'existence de deux compartiments d'azote minéralisable (matière organique fraîche et labile d'une part, azote humifié plus résistant d'autre part). Cependant, la variabilité des coefficients de minéralisation (de 0.027 à 0.057 par semaine) rend douteuse l'homogénéité des compartiments humifiés dans les diverses stations, soulignant l'influence du matériel végétal originel sur les processus biologiques de transformation de la matière organique.

CONCLUSION

L'opposition soulane-ombrée à laquelle s'ajoutent deux types de substrat (grossier ou fin) se traduit par l'existence à l'étage subalpin de deux grandes formations herbacées : en soulane et sur sol grossier les pelouses à *Festuca Eskia*, sur terre fine (en ombrée et sur les pentes faibles ou moyennes des soulanes) des groupements à *Nardus stricta*.

Dans la zone pastorale du Cirque du Tourmalet, l'extension d'une station de sports d'hiver entraîne une modification du paysage, tant par les travaux d'infrastructure que par la diminution parallèle du pastoralisme, traditionnel agent du dynamisme de la végétation en zone de montagne. La conduite (très laxiste) des troupeaux se traduit simultanément par un surpâturage des meilleures pelouses et un abandon de très larges secteurs.

Les conditions climatiques, autorisant une bonne minéralisation de la matière organique, et la présence de légumineuses, assurant dans certains groupements un apport supplémentaire d'azote, permettent à la végétation de ne pas souffrir apparemment de carence nutritionnelle.

La compétition interspécifique, favorable aux espèces sociales comme *Festuca Eskia* et *Nardus stricta*, toutes deux de qualité fourragère nulle, a pour conséquence une dégradation de la valeur pastorale des herbages, évolution certainement irréversible

Laure EMPERAIRE. — **Végétation et gestion des ressources naturelles dans la caatinga du sud-est du Piauí (Brésil).** Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences (Sciences Naturelles). Université Pierre et Marie Curie (Université Paris VI) soutenue le 4 novembre 1987. 446 p., 13 cts., 26 ph., 88 fig., 50 tabl. JURY : J. BARRAU, A.-M. CATESSON, N. GUIDON, H. PUIG, R. SCHNELL, P. USSELMANN.

La recherche menée au sud-est de l'État du Piauí dans le domaine semi-aride du Brésil se situe à l'interface des relations homme-milieu. Son but est d'établir un constat d'un mode d'exploitation du milieu, constat pouvant s'ouvrir sur d'autres propositions d'exploitation. Trois objectifs ont présidé à son organisation : restituer dans leur contexte phyto-géographique les modes de gestion de l'espace et des ressources naturelles d'un groupe humain (mise en évidence d'unités de paysage homogènes quant à leurs modes d'exploitation) ; à partir de ces éléments, définir la contribution de chacune des unités de paysage au fonctionnement de la région et tenter une analyse de la viabilité de ce schéma.

Cette étude a été réalisée dans la zone des ***caatingas*** (formations arbustives à arborées décidues) du Nordeste brésilien, soit dans une région où les écosystèmes sont particulièrement fragiles. Une fois les écosystèmes définis, les questions posées ont concerné l'identification, les moyens mis en oeuvre et l'organisation des modes d'exploitation.

Plusieurs éléments justifient le choix de cette région de 5.000 km² comme zone d'étude :

— sa situation géographique : sur la marge ouest du domaine semi-aride, les contraintes écologiques (ressources en eau et bois) sont déterminantes dans l'occupation du territoire ;

— la faible densité de population permettant une meilleure reconnaissance de l'impact des activités humaines sur le milieu ; ce point est particulièrement intéressant pour d'ultérieures comparaisons avec l'intérieur du Nordeste d'occupation beaucoup plus ancienne et intense ;

— l'existence de formations non, ou peu, altérées par l'homme permettant de considérer la végétation comme un révélateur des variations mésologiques ;

— le contexte évolutif de cette région menant à une juxtaposition de l'agriculture traditionnelle à de nouveaux modes d'exploitation basés sur la monoculture, l'élevage et l'exploitation des ressources naturelles.

Les méthodes employées pour la définition et la caractérisation des unités de paysage relèvent de celles du diagnostic phyto-écologique complétées par des enquêtes sur l'occupation humaine.

1. *LE MILIEU NATUREL*

Les **formations végétales** sont décrites selon des **critères structuraux et physionomiques**. Cette étude est complétée par une approche des formes de dégradation et du dynamisme de chacune des formations. L'utilisation des trois paramètres aire basale, densité et coefficient de diversité floristique a permis de regrouper les 14 formations en trois ensembles (formations décidues arbustives et arborées et formations semi-décidues arborées)

S'agissant d'une composante essentielle des unités de paysage, la dimension spatiale doit être privilégiée et conduire à une **carte de la végétation** (au 1/100.000 d'après les photographies aériennes et les images Landsat) L'unité cartographiée est la formation végétale définie précédemment.

L'analyse écologique, selon une application de la théorie de l'information, complète cette approche descriptive. Les descripteurs efficaces du milieu (pH, degré d'artificialisation, substrat, humidité apparente,...) comme les espèces indicatrices de ces descripteurs ont été sélectionnés. Des groupes d'espèces préférentielles ont été soulignés pour chaque classe des différents descripteurs. Un ensemble d'espèces aux exigences écologiques très strictes (de ***caatinga*** arbustive haute dense) a été mis en évidence.

L'analyse floristique des 615 espèces relevées permet d'individualiser deux ensembles floristiques, l'un de flore sèche se rattachant aux ***caatingas*** du Nordeste, l'autre de ***cerrado***, soit d'une flore plus humide. Cette flore de cerrado doit être considérée comme une extension de la flore forestière du Maranhao et non comme une enclave au sens strict. En effet, les biotopes humides du front de cuesta constituent un trait d'union entre la région pré-amazonienne et la ***caatinga***, ils ont probablement permis de nombreux échanges floristiques entre ces deux domaines au cours des dernières oscillations climatiques.

2. *LES MODES D'EXPLOITATION ET DE GESTION DU MILIEU NATUREL*

2.1. Les principales phases d'exploitation du milieu :

Quatre grandes étapes dans l'occupation du territoire sont mises en évidence :

— les chasseurs-collecteurs (32.000-4.000 B.P.) : **les ressources alimentaires** non cultivées de la *caatinga* sont indiquées comme les écosystèmes auxquels elles appartiennent ;

— l'agriculture indigène (4.000 - fin du XVII) : liste des plantes probablement cultivées ;

— la colonisation (fin du XVII) : la région sud-est du Piauí joue le rôle de zone refuge pour les populations indigènes, c'est l'une des dernières à être colonisées. L'élevage s'y développe sur sa périphérie mais une agriculture très peu différente de celle d'aujourd'hui constitue la principale activité.

— l'exploitation des ressources naturelles : l'exploitation d'une Euphorbiacée latricifère, la manicoba, est à l'origine du développement économique de la région à la fin du dix-neuvième siècle.

2.2. Les modes actuels de mise en valeur

Les caractéristiques de l'**agriculture traditionnelle** (exploitation de quelques hectares basée sur l'association maïs-manioc-haricot, une culture marchande ricin ou coton et un peu d'élevage) sont précisées à partir d'un échantillon constitué de 104 exploitations. Il faut cependant distinguer au sein de la région plusieurs systèmes agricoles qui diffèrent par leur niveau technique (houe ou araire) et par la culture marchande associée aux cultures vivrières. L'existence de ces différents systèmes doit être prise en compte dans les projets de développement agricole.

Les **superficies cultivées et les pratiques agricoles** qui y sont liées ont été analysées en fonction de leur coût écologique. L'agriculture traditionnelle s'est révélée grande consommatrice d'espace et d'énergie, la superficie nécessaire à son fonctionnement et permettant la reproduction des écosystèmes a été évaluée à cinq fois celle effectivement cultivée. Les principales charges sont représentées par l'élevage, les superficies cultivées et l'entretien des clôtures de bois

Les options prises par les **projets de développement agricole** tendent à augmenter l'impact écologique de l'agriculture traditionnelle (développement de l'élevage et intensification de la monoculture).

Depuis une dizaine d'années il y a mise en valeur d'espaces inaccessibles à l'agriculture traditionnelle (pauvreté des terres, absence d'eau) pour la **monoculture** d'anacardiers. Si cette culture est bien adaptée aux conditions semi-arides et assure rapidement une protection du sol, sa mise en place sur 14.000 ha pose les problèmes inhérents à toute monoculture (concentration des disponibilités sur un seul objectif, problèmes phyto-sanitaires...). D'autre part, du point de vue économique, ces plantations demeurent à l'écart des circuits locaux.

Avec le développement de la principale agglomération de la région, il y a intensification des prélèvements sur le milieu naturel (demande de bois d'oeuvre et de combustion). Si ces prélèvements sont négligeables face à la pression exercée par l'agriculture traditionnelle (ils touchent 0,2 % des terres contre 30 % pour l'agriculture), la demande s'intensifie très rapidement.

Il y a aussi mise en place d'un Parc National, c'est le seul du Brésil à être situé dans une zone de caatinga. Des mesures de protection de ces écosystèmes encore peu perturbés devraient être prises d'urgence, leur intégration dans le processus de développement de la région demeure encore très problématique

Ces différentes activités ne sont pas encore en concurrence directe dans l'utilisation des ressources naturelles, mais il faut tenir compte de leurs vitesses d'évolution différentes. L'agriculture traditionnelle ne s'est que peu étendue au cours des 25 dernières années, par contre les statistiques font état d'un doublement de la superficie cultivée dû à la monoculture (il en résulte aussi une augmentation de la concentration des terres)

Dans des écosystèmes fragiles comme ceux de la zone semi-aride, le développement de l'élevage et de la monoculture constituent à long terme autant de facteurs limitant les possibilités d'évolution de l'agriculture traditionnelle. L'intérieur du Nordeste, aux écosystèmes très appauvris, en constitue un exemple. L'étude des écosystèmes naturels ou altérés ne peut être dissociée, non seulement de celle des systèmes agraires, mais aussi de celle des systèmes ruraux considérés globalement. Le «coût écologique» des choix de développement est élevé, ces derniers ne permettent pas le maintien de la capacité de reproduction des écosystèmes. Une **carte des unités de paysage**, intégrant les données du milieu naturel et des modes d'exploitation, indique quelles sont les zones les plus vulnérables.

Christine ROLLARD. — **La biocénose associée aux Aranéides, en landes armoricaines. Étude des relations insectes-araignées.** Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes I, soutenue le 1er juin 1987. JURY : MM. NENON, AUBERT, CANARD, FERRON, LEFEUVRE, VACHON.

Les landes s'étendent en Bretagne sur une superficie considérable. Depuis une quinzaine d'années, de nombreux travaux sont en cours pour tenter de caractériser cet écosystème et d'étudier son fonctionnement.

Les landes armoricaines offrent une grande diversité et des densités parfois très importantes d'Aranéides (BARNAUD, CANARD, GEORGES et RICHARD, 1980). Leur écologie a fait l'objet de nombreuses études mais l'influence de certains facteurs de régulation des populations est encore mal connue. Les Aranéides comptent effectivement des consommateurs, signalés depuis parfois un siècle dans la bibliographie (ROLLARD, 1984). Ces consommateurs, qu'ils soient occasionnels ou spécialisés selon leur régime alimentaire, appartiennent à des ordres divers parmi lesquels les Insectes occupent une place privilégiée.

Une révision des données bibliographiques sur les biocénoses associées aux Aranéides et un inventaire des espèces en landes armoricaines et dans quelques sites de Vendée, de 1981 à 1985, ont permis une analyse plus approfondie des relations Insecte/Araignée. La biologie des Insectes arachnophages étant peu étudiée, nous avons tenté d'apporter des données sur leur développement, leur spécificité, leur cycle biologique

L'analyse de ces relations est essentiellement qualitative mais il convient également de quantifier l'action des Insectes sur les Araignées. Les renseignements dans ce domaine sont pratiquement inexistants ; seuls quelques auteurs (DAVIDSON, 1983 ; EDGAR, 1971 ; MUMA et STONE, 1971 ; KESSLER et FOKKINGA, 1973 ; HUMPHREYS, 1976 ; PRAKASH et PANDIAN, 1978) chiffrent l'influence d'Insectes sur les Araignées

● Dans une première approche sur la composition de la biocénose parasitaire et prédatrice des Aranéides (ROLLARD, 1982), nous signalons la brièveté et la dispersion des données bibliographiques. De plus les notes sont souvent anciennes ce qui laissait supposer de nombreuses erreurs de détermination concernant tant les hôtes que les Insectes qui leur sont associés ; une révision de la nomenclature de ces Arthropodes a été réalisée dans des listes qui regroupent les Araignées et leurs consommateurs (ROLLARD, 1987).

● En landes, deux types d'inter-relations Insecte/Araignée ont été étudiés, l'ectoparasitisme et le «mésoparasitisme» :

— l'ectoparatisme : ce sont surtout des Hyménoptères *Ichneumonidae* qui exerce ce type d'infestation. Les larves sont fixées sur la face dorsale de l'abdomen. Cette interaction aboutit à la mort de l'Araignée. Les familles les plus couramment attaquées par ces Insectes sont les *Argiopidae* et les *Theridiidae* qui sont des Araignées construisant des toiles.

— le «mésoparasitisme» qualifiant la relation entre Araignée et Insecte consommateur des oeufs : les Insectes sont essentiellement de l'ordre des Hyménoptères et des Diptères. Des comportements d'infestation et des modalités de développement différents peuvent être décelés selon les taxons. Beaucoup de familles d'Araignées subissent cette consommation de leurs oeufs. Les Insectes des diverses familles se rencontrent dans tous les types de cocons, laissés seuls dans la végétation ou protégés par les Araignées femelles.

● Nos observations sur l'exploitation des cocons par les Hyménoptères et les Diptères confèrent clairement à ces Insectes un régime oophage. Leur nutrition s'opère au détriment de plusieurs oeufs d'Araignées, ce qui nous a tout d'abord conduit à les considérer comme des prédateurs en estimant que le nombre de proies différenciant prédateur et parasite. En fait l'analogie avec des parasites ou parasitoïdes peut également être mise en évidence si l'on ne tient pas compte uniquement de ce critère quantitatif. En effet, les larves vident les oeufs d'Araignées en perçant leur chorion, comportement similaire à des Insectes ectoparasites. Mais cette consommation s'exerce dans le milieu clos que constitue le cocon ce qui permet d'envisager des affinités avec les Insectes endoparasites (en considérant le cocon comme une entité vivante). On notera donc la difficulté évidente à qualifier au plan écologique ces Insectes arachnophages. Nous avons choisi de les appeler des «mésoparasites» ou «mésoparasitoïdes» mais la discussion reste ouverte sur ce terme. .

● Nos inventaires en landes permettent :

— d'ajouter aux listes quelques nouvelles espèces ; les Hyménoptères *Cryptinae, Gelis intermedius, Gelis longicauda* et *Gelis meigenii* ainsi que le Diptère *Chloropidae, Conioscinella halophila*, n'avaient jamais été répertoriés en tant que consommateurs d'oeufs d'Araignées ; l'Hyménoptère *Chalcididae, Pediobius brachycerus*, est mis en évidence pour la première fois dans les larves de *Gelis melanocephala* et *Tromatobia ornata*.

— d'apporter des compléments à la spécificité de certaines espèces ; les Hyménoptères *Pimplinae, Acrodactyla degener, Tromatobia ornata, Zatypota gracilis* et les *Cryptinae, Gelis balteatus, Gelis melanocephala* n'avaient pas été rencontrés sur les mêmes hôtes ou dans les mêmes cocons.

● Les structures des pièces buccales des larves, étudiées particulièrement au premier et dernier stades chez les genres *Gelis* et chez *Tromatobia ornata*, montrent une certaine constance qui aboutit au maintien du comportement alimentaire tout au long du développement, sans doute lié à la stabilité de la source de nourriture : l'oeuf d'Araignée.

● Les femelles de *Tromatobia ornata* sont capables de pondre dès leur émergence, sans aucune période de préoviposition ; par contre celles de *Gelis melanocephala* ne peuvent pondre qu'après trois jours de pré-oviposition. Les deux espèces ne semblent pas susceptibles de procéder à la résorption de leurs ovocytes mûrs et peuvent donc être soumis à une certaine urgence de ponte. Or c'est l'espèce à longévité imaginale la plus courte, *Tromatobia ornata*, qui présente la spécificité la plus étroite.

● Les antennes et l'ovipositeur de ces deux Hyménoptères sont très riches en organes sensoriels ce qui semble aboutir à une bonne détection des cocons et du stade de développement des Araignées appropriés à leur évolution. Ces Insectes pondent uniquement dans des cocons renfermant des oeufs d'Araignées non embryonnés ou à des stades embryonnaires.

● Une meilleure connaissance du cycle de développement des Hyménoptères est apportée. La plupart des espèces observées ont des durées de développement courtes, de moins d'un mois et demi, dans les cocons ou sur les Araignées. Mais nous avons mis en évidence une phénomène de «diapause hivernale» pour *Tromatobia ornata* dans les cocons d'*Argiope bruennichi*, lié aux facteurs du milieu, température et photopériode. Cet arrêt de développement semble également être présent chez *Gelis longicauda*, au cours de son dernier stade larvaire dans les cocons d'*Agroeca brunnea*.

● La spécificité des espèces oophages, obtenues en plus grand nombre que les ectoparasites, s'est parfois avérée assez stricte. Certaines espèces comme *Tromatobia ornata, Gelis carnifex, Gelis longicauda* ou *Gelis zonatus* ne sont observés que dans des cocons d'une seule espèce d'Araignée ; les autres sont rencontrées dans des cocons d'espèces différentes à la même période de l'année ou non comme *Gelis melanocephala*.

● Nos données restent insuffisantes pour établir des liaisons entre les cycles biologiques et la spécificité des Insectes. Des hypothèses sur le déroulement des cycles ont néanmoins pu être posées, étayées par les données bibliographiques. La majorité des espèces semble présenter un cycle annuel, excepté quelques individus de *Gelis longicauda* qui effectueraient leur cycle sur deux ans, uniquement aux dépens des oeufs d'*Agroeca brunnea*. Les autres Hyménoptères oophages seraient bivoltins avec une génération longue à diapause hivernale et une courte au printemps, ou encore polyvoltins avec des cycles de développement à durée variable tout au long de l'année. Les périodes de ponte sont situées principalement en automne et au printemps. Chez les Hyménoptères ectoparasites, le polyvoltinisme semble également être de règle générale.

● L'impact de la plupart des Hyménoptères, découverts en landes, sur les Aranéides ou dans leurs cocons, est reporté pour la première fois.

○ Le total des individus adultes d'Hyménoptères ectoparasites obtenus des récoltes ne s'élève qu'à 12 si l'on excepte les larves n'ayant pas atteint la phase ultime de leur développement. C'est un nombre faible, cependant cette analyse quantitative est indispensable pour présenter des résultats qualitatifs plus complets. Les taux d'ectoparasitisme observés sont de 1,2 % sur *Theridium mystaceum* et de 4 % sur *Theridium simile*. Ils sont plus importants sur *Araniella*

cucurbitina (9,7 %) et sur Tetragnatha extensa (14,3 %) mais, du fait du faible nombre d'individus capturés chez ces deux espèces, ils sont vraisemblablement surestimés

○ L'impact des attaques subies par les cocons est tout d'abord établi par l'observation directe de leur état et de leur contenu. Si cette technique manque un peu de précision pour des études de dynamique de population très poussées, elle indique cependant que 13 à 40 % des cocons, suivant les espèces, sont infestés par des Insectes. Une meilleure approche de l'impact réel a ensuite été faite à partir d'une évaluation de la consommation des oeufs d'Araignées par les larves des Insectes arachnophages. Ces données concernent quatre espèces de cocons : *Argiope bruennichi, Agroeca brunnea, Linyphia triangularis* et *Tetragnatha sp* . Ces «prédateurs spécialisés» ou «mésoparasites» que sont les Insectes jouent un rôle important puisqu'ils peuvent détruire jusqu'à 28,8 % des oeufs pondus (dans le cas d'*Agroeca brunnea*) Cette donnée démontre l'influence du parasitisme jusqu'ici négligée ou seulement évoquée dans les problèmes de biocénotique. A cet impact, il faut ajouter celui de prédateurs occasionnels, vraisemblablement certains Oiseaux, Reptiles ou Micromammifères, qui varie de 0,5 à 14,3 %. Nous avons, de surcroît, constaté qu'un certain pourcentage d'oeufs, de 1 à 14,8 % probablement non fécondés, ne se développait pas dans les cocons

○ La présence du *Chalcididae, Pediobius brachyceru*s, typiquement endoparasite grégaire des larves de *Tromatobia ornata* et de *Gelis melanocephala* ne modifie probablement pas leur prise alimentaire sur les oeufs des Araignées ; le taux d'endoparasitisme aux dépends des larves de *T. ornata* atteint 16,4 % sur les quatre années d'étude.

Cette étude sur les Insectes arachnophages laisse, bien sûr, subsister plusieurs questions mais elle permet de caractériser qualitativement quelques espèces et de fournir les premières données quantitatives de leur action sur des populations d'Araignées en landes armoricaines.

AUTEURS CITÉS

BARNAUD (G.), CANARD (A.), GEORGES (A.) et RICHARDS (L.), 1980. — Données actuelles sur les Invertebrés des landes armoricaines : aspect global. *Bull. Ecol*., **t. 11** : 443-455.

DAVIDSON (M.D.), 1983. — Conserving Spider-egg parasites. *Insect Life*, VI : 268-269.

EDGAR (W.D.), 1971. — Aspect of the Ecology and Energetics of the Egg Sac Parasites of the Wolf Spider *Pardosa lugubris* (Walckenaer) *Oecologia*, 7 : 155-163.

HUMPHREYS (W.F.), 1976. — The population dynamics of an Australian wolf spider *Geolycosa godeffroyi* (L. Koch 1865) (*Araneae-Lycosidae*) *J. animal*, **45**, n°1 : 59-80.

KESSLER (A.) et FOKKINGA (A.), 1973. — Hymenopterous parasites in egg sacs of spiders of the genus *Pardosa* (*Lycosidae*) *Tijdschrift voor Entomologie*, **116** (3) . 43-61.

MUMA (M. H.) et STONE (K.J.), 1971. — Predation of *Gasteracantha cancriformis* (Arachnidae : Araneidae) eggs in Florida citrus groves by *Phalacrotophora eperue* (Insecta : Phoridae) and *Arachnophaga ferruginea* (Insecta : Eupelmidae). *Florida Entomologist*, **54** (4) : 305-310

PRAKASH (R.N.) et PANDIAN (J.J.), 1978. — Energy flow, from spider eggs through dipteran parasite and hymenopteran hyperparasite populations. *Oecologia*, **33**, n°2 : 209-219.

ROLLARD (C.), 1982. — *Composition, importance et impact de la biocénose prédatrice et parasitaire des Arachnides. A.E A Ecologie, Univ. Rennes I*, 12 p.

ROLLARD (C.), 1984. — Composition et structure de la biocénose consommatrice des Aranéides. *Revue arachnologique*, **5** (4) : 211-237

M. FERARD. — **Techniques électrophorétiques appliquées à l'étude des estérases et de certaines deshydrogénases (ADH, alpha GPD, G6PD, MDH, XDH) de *Folsomia candida* Willem (Insecte, collembole). Localisation *in situ* des esterases.** Thèse de troisième cycle soutenue le 2 juin 1987 à l'Université de Provence, 120 p. JURY : A. CHAMPEAU, N. POINSOT-BALAGUER, A. DALMASSO, H. DESCIMON.

Différents essais ont permis d'établir les conditions opératoires optimales pour l'étude électrophorétique des estérases de *Folsomia candida* (Willem). Certaines bandes, très faibles avec les solutions de révélations classiques, ont vu leur activité augmenter par l'ajout d'alcool isopropylique dans le mélange de révélation contenant l'α naphtyl acétate. L'utilisation de conditions expérimentales différentes au niveau du gel (7 % en acrylamide, pH 7,3), de substrats divers et spécifiques, d'inhibiteurs particuliers à certaines classes d'estérase (ésérine 10^{-2}M et 10^{-5}M), le traitement par la chaleur à des températures différentes des échantillons et la localisation (tête -thorax -abdomen) des bandes ont autorisé l'établissement de 18 groupes d'estérases (*sensu lato*). Les bandes constituant les groupes et réagissant de manière identique selon les différents agents ont pu être classées en aliestérase, pseudocholinestérase et «autre estérase». Un dépôt important situé au début du gel s'est révélé être constitué de lipases.

Des différences au niveau des zymogrammes ont pu être observées, selon le stade physiologique. Une bande notée 5 bis existant chez les animaux de la phase 3 (repus) est remplacée par une autre bande codifiée 5 chez les animaux de la phase 4 (à jeun). De plus, deux bandes (12 et 13) sont beaucoup plus intenses chez les animaux de la phase 4. Enfin, à partir de la bande n°14, les Rf ne correspondent plus. Ces variations, retrouvées quel que soit le type de nourriture (orme ou levure), peuvent avoir plusieurs explications :

— l'activité importante des bandes 12 et 13, chez les animaux de la phase 4, gênerait la migration des estérases suivantes. Cette hypothèse ne semble pas vraisemblable car le même type de variation est remarqué chez les animaux, plus petits, élevés sur orme

— La mue ayant lieu peu de temps après la période de jeûne, il interviendrait pour les animaux de la phase 4, de grands bouleversements physiologiques ; certaines enzymes trouveraient leur charge et leur composition modifiées par l'absence d'un ou plusieurs peptides. C'est ainsi que l'estérase 14^L correspondrait à l'enzyme 14 ; $15^L \blacktriangleright 15$; $16^L \blacktriangleright 16$; $17^L \blacktriangleright 17$; $19^L \blacktriangleright 19$; $20^L \blacktriangleright 20$ pour les animaux élevés sur levure et $16^{17L} \blacktriangleright 16^{17}$ dans le cas particulier des animaux élevés sur orme. Quant à la bande 18 des animaux de la phase 3, elle serait superposée à la bande 17^L. Cette hypothèse est renforcée par le fait que les distances entre les bandes sont identiques.

— Il pourrait s'agir également de l'intervention d'un mécanisme régulateur (LEHNINGER, 1977) qui inhiberait certaines réactions enzymatiques inutiles en cette période pré-exuviale, pendant laquelle le tube digestif est vide.

Des essais réalisés en intervertissant les nourritures, et l'élevage d'individus, provenant d'une femelle unique, nourris différemment par les deux substrats, ont confirmé ces résultats.

D'autres variations, celles-ci liées au type de nourriture interviennent. Ce phénomène déjà observé chez des gastéro-

podes pour les estérases (OXFORD, 1975) et pour certaines deshydrogénases (GILL, 1978 a, 1978 b), n'a jamais été remarqué chez les collemboles. Deux bandes (16 et 17) présentes chez des insectes de la phase 3, élevés sur levure, sont remplacées par une bande unique notée 16^{17} chez les collemboles dont le seul nutriment a été les feuilles d'orme rehydratées. De plus, on assiste à une diminution sensible de l'intensité des bandes 10, 11, 12, 13, 15, 18, et à une augmentation d'activité de la bande 19 chez ces derniers.

Ces variations observées au niveau du nombre, de l'emplacement et de l'intensité de certaines bandes pourraient provenir du substrat nutritif lui-même (la bande 16^{17} correspondant à une enzyme trouvée sur la feuille d'orme et les bandes 16 et 17 provenant d'une enzyme présente sur ou dans le levure). La comparaison avec des animaux de la phase 4, dont le tube digestif est vide, possédant avec une forte intensité les bandes 16^{L}, 17^{L} (correspondant aux bandes 16, 17, 16^{17}) et ce, malgré les dérèglements physiologiques nous permet de rejeter cette hypothèse.

GILL (1978 a), dans le cas de la déshydrogénase lactique des gastéropodes a suggéré deux explications à ces variations : en premier lieu, il pense qu'un nombre important d'isoenzymes différents, codés par plusieurs loci pourrait, selon les besoins, être produit. En fonction des conditions environnementales, seules les isoenzymes les mieux adaptées seraient fabriquées. En second lieu, il évoque l'intervention du contrôle allostérique. Les isoenzymes auraient leurs propriétés et leurs conformations modifiées sous l'action des molécules allostériques. Dans notre cas, les variations observées selon le type de nourriture peuvent suggérer les mêmes hypothèses.

Les autres différences se situent au niveau du polymorphisme enzymatique. Un seul groupe de bande semble être intéressé par ce cas. Il s'agit du groupe IX contenant les bandes 9 et 9 bis. L'anayse du polymorphisme enzymatique montre que la population étudiée est faiblement polymorphe et qu'il existe une anomalie si l'on applique la loi de Hardy-Weinberg au sujet du nombre d'homozygotes et d'hétérozygotes escomptés. Ceci peut s'expliquer par l'ancienneté de l'élevage et la reproduction de cette espèce qui est de type parthénogénétique.

En ce qui concerne la localisation *in situ*, les estérases (*sensu lato*) et lipases sont établies essentiellement au niveau des nodules graisseux pour les animaux de la phase 4 (à jeun). Mais dans le cas des individus de la phase 3, les sites de ces enzymes sont principalement les parois et le contenu du tube digestif. Il est connu que les estérases non spécifiques et les lipases des insectes ont un rôle important dans le métabolisme des graisses (GILBERT *et al.*, 1965 ; STEVENSON, 1969 ; AHMAD, 1976 ; TURUNEN et CHIPPENDALE, 1976). Ces deux types d'enzymes permettraient, chez les insectes, la transformation donc la circulation des lipides (WAN et HOOPER, 1967, 1969 ; HOPPER et WAN, 1969). En fonction de ces constatations, on peut donc penser que la localisation des enzymes au niveau des amas graisseux des collemboles, pour les animaux de la phase 4 est due à une forte utilisation de ces réserves avant la mue. Quant aux animaux de la phase 3 (repus), la forte coloration du tube digestif peut provenir sort d'une sécrétion importante d'enzymes au moment de la digestion, soit d'un apport enzymatique par la nourriture.

L'étude d'un certain nombre de déshydrogénases (ADH, α GPD, G6PD, MDH, XDH) a montré qu'une bande dénommée «nothing deshydrogenase» pouvait apparaître sans substrat, grâce aux impuretés contenues dans les réactifs nécessaires à la révélation.

Aucun différence due au type de nourriture ou au polymorphisme enzymatique n'a été détectée chez toutes les déshydrogénases étudiées. Toutefois, des variations selon les stades physiologiques ont été remarquées chez deux types de déshydrogénases (MDH et XDH). Les changements d'activité de la MDH, observés également au moment de la métamorphose de la drosophile *Drosophila pseudoobscura*, pourraient être le fait d'une augmentation de la production de cette enzyme lors du processus de la mue, phénomène qui nécessite une énergie plus importante. Quant à la XDH_1 -Ph_4 soit la bande codifiée XDH_2 - Ph_3 des périodes normales. Par ailleurs, la XDH intervenant lors du catabolisme des acides nucléiques, on assisterait à une augmentation d'activité enzymatique, celle-ci étant nécessaire pour permettre la mue.

Cette étude montre que la technique électrophorétique est un outil qui doit être manipulé avec beaucoup de prudence et de soins. La résolution d'un système enzymatique donné, demande un certain nombre de tâtonnements expérimentaux et de modifications successives ou concomitantes concernant les conditions opératoires. En premier lieu, cette méthode d'analyse nécessite la préparation de nombreuses solutions donc le risque d'erreurs par rapport à d'autres méthodes, est augmenté.

Par ailleurs, elle fait appel lors de la révélation à des produits biochimiques, instables par nature, et il n'est pas rare qu'au moment tant attendu de l'apparition des bandes, le gel reste désespérément transparent.

La comparaison des travaux des différents chercheurs n'est possible que pour des échantillons possédant une grande quantité d'enzymes, où l'analyse peut se faire dans des conditions moins strictes. Les changements des conditions opératoires pouvant provoquer l'apparition ou la disparition de bandes, il est donc nécessaire de standardiser les techniques pour des organismes très petits, tels les Collemboles (1). Leurs conditions d'étude se situent aux limites de la technique.

De plus, deux enzymes différentes par leur migration sont obligatoirement différentes sur le plan structural. Cependant, deux enzymes dont le Rf est le même, peuvent être constituées autrement ; seules des techniques de dénaturation à la chaleur ou à d'autres agents, leur propriété de catalyseur, des conditions opératoires différentes ou bien l'utilisation d'autres méthodes pourront les différencier. Cependant, lorsque l'on travaille sur des organismes étroitement voisins, on peut penser que la probabilité des similitudes est renforcée. Aussi, le fait de considérer deux bandes possédant le même Rf comme identiques, risque peu de diminuer les différences observées entre les individus provenant d'espèces proches et de populations distinctes, d'autant plus que, dans la plupart des cas, le nombre de bandes différentes est supérieur à celui des bandes identiques.

En dehors des variations dues à la technique elle-même, il existe comme nous avons pu le voir, des différences dues au matériel animal. En effet, avant toute électrophorèse, il est absolument nécessaire de connaître la biologie des échantillons testés, de stipuler le stade physiologique et la nourriture de ceux-ci et pour des études plus poussées, le caryotype. Les Collemboles sont des cas particuliers, chez les insectes, car ils sont amétaboles. Il est donc délicat de se prononcer sur le stade physiologique sans un suivi de cycle biologique, malheureusement, sauf à de quelques trop rares exceptions, leur élevage est difficile. Pour ces raisons, l'étude du polymorphisme et la comparaison inter- et intraspécifique est vraiment aléatoire si l'on ne respecte pas les conditions précitées car des variations simplement dues à la nourriture ou au stade physiologique peuvent être considérées comme d'origine génétique.

(1) Des essais (non développés dans ce travail) ont néanmoins été réalisés avec succès sur l'espèce de collembole *Folsomides angularis*, plus petite (l = 500 µ , m = 5,2 µg)

La technique électrophorétique ne doit être considérée, simplement, que comme un outil supplétif pour l'étude biosystématique des Collemboles. Bien qu'elle ne soit pas parfaite, elle offre le moyen d'établir une première approximation de similitude et de divergence entre les collemboles analysés.

Bernard CLÉMENT. — **Structure et dynamique des communautés et des populations végétales des landes bretonnes.** Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences soutenue le 8 juillet 1987 à l'Université de Rennes, 320 p., 76 fig., 43 tabl. JURY : J. TOUFFET (*Président*), A. BAUDIÈRE, J.M. GEHU, A. HUON, J.C. LEFEUVRE. Laboratoire d'Ecologie Végétale, U.A. 696, Campus scientifique de Beaulieu, 35042 RENNES Cedex.

La thèse contribue à une meilleure compréhension du fonctionnement et de la dynamique des landes bretonnes à travers des analyses synchroniques et diachroniques des successions, sous l'influence des contraintes et des perturbations

Une présentation générale des landes bretonnes complète l'introduction. Elle s'appuie sur les connaissances acquises sur leur origine et leur utilisation, en relation avec les caractéristiques essentielles de leur environnement physique et humain.

L'analyse de l'écosystème lande est réalisée selon trois modalités correspondant aux trois parties du mémoire.

La première partie est une approche globale, corrélative. L'analyse phytosociologique sigmatiste permet de définir les phytocénoses des différents systèmes des landes de Bretagne intérieure.

La réalisation de tableaux phytosociologiques synthétiques des systèmes de landes xérophiles, mésophiles et hydrophiles fait apparaître les changements floristiques qui déterminent la structure des communautés dépendantes. Les landes hautes et les fourrés préforestiers résultent de l'évolution progressive de la végétation. Les variations entre les landes types, les landes moyennes et les landes herbeuses sont sous la dépendance de processus endogènes.

Les perturbations déterminent la genèse de communautés de substitution (Pelouses, Prairies, Ourlets, Landes tourbeuses).

Les relations dynamiques dans le système de landes sèches sont régies par les contraintes édaphiques et notamment, la capacité du sol à alimenter les plantes en eau et en éléments nutritifs.

Les perturbations, telles que les feux périodiques et le piétinement, n'interviennent que pour accentuer les contraintes.

Dans les systèmes de landes mésophiles et de landes hygrophiles, les perturbations (feux, piétinement, fauchaison, étrépage) ont une action prédominante dans les successions ou la stabilité apparente des landes. Elles agissent en créant de nouvelles contraintes physiques (hydromorphie, oligotrophie) ou en diminuant l'effet des contraintes biotiques (compétition, dominance).

L'étude des biomasses et des productivités primaires nettes des landes en fonction de l'âge et du substrat met en évidence les modalités et les vitesses d'évolution des communautés végétales.

La productivité primaire nette apparente des landes mésophiles (3t. $ha^{-1}.an^{-1}$) est trois fois supérieure à celle des landes hygrophiles (1 t $ha^{-1}.an^{-1}$) ; celle des landes xérophiles, de valeur intermédiaire, est déterminée par l'épaisseur du sol et sa réserve en eau.

Les phases de ralentissement de l'accroissement de la biomasse ou la baisse de la productivité primaire nette apparente résultent d'une concurrence entre les groupes d'espèces ou les types biologiques principaux. Elles correspondent à une modification de la structure des landes qui n'est pas nécessairement accompagnée par un changement floristique.

Selon l'intensité des perturbations et le moment où elles interviennent, elles permettent la régénération d'une communauté identique ou différente de la communauté initiale.

Dans les situations extrêmes (fortes contraintes édaphiques et climatiques), la lande constitue un stade d'évolution ultime qui s'autorégénère (évolution pseudocyclique). Dans la plupart des landes de Bretagne intérieure, les perturbations périodiques sont le principal facteur de stabilité apparente ; il est néanmoins évident que ces mécanismes renforcent l'influence des contraintes physiques sur le développement des espèces en «sélectionnant» celles qui peuvent s'y adapter (stratégie de tolérance ou de résistance).

La seconde partie est une approche diachronique des successions dans les landes fortement perturbées par les feux d'hiumus de l'été 1976, réalisée à l'aide de lignes et de quadrats permanents.

Trois aspects de l'étude de la végétation sont abordés en liaison avec trois niveaux d'organisation : la phytocénose par ses aspects synécologiques, la population par ses aspects démographiques, l'individu par ses aspects bioénergétiques, partage des ressources et effort de reproduction. Le déterminisme de la succession ou de la stabilité des communautés est analysé à chaque étape du cycle biologique des espèces.

Dans les stations fortement perturbées, le feu a été suivi par des processus d'érosion ayant provoqué la stérilisation du substrat (destruction de la majeure partie de la matière organique, disparition des diaspores des espèces des landes, destruction de la faune). Dans ces stations, la première étape de recolonisation est marquée par la croissance des populations de *Funaria hygrometrica* et *Ceratodon purpureus*. Trois à quatre années après le feu, trois types de succession sont déterminés par la cinétique démographique et la productivité des populations de Polytrics et de Graminées. Dans les landes où la biomasse avant le feu était faible, la reconstitution de la lande d'origine est effectuée au bout de six à sept années.

Dans les deux autres cas, les Polytrics et notamment, *Polytrichum commune*, sont associés à *Agrostis setacea* /ou *Molinia caerulea*. Si la fertilité du substrat (accumulation de cendres) est élevée, la dynamique des populations de *Polytrichum commune* et leur forte productivité assurent la dominance de cette espèce et sa pérennité est acquise par des mécanismes d'inhibition. La reconstitution de la lande n'est pas envisageable avant un très long terme et sans une nouvelle perturbation du milieu. Les Graminées, *Agrostis setacea* ou *Molinia caerulea*, peuvent générer des peuplements pauci-spécifiques et résister également à la pénétration des autres espèces par effet de groupe et effet de masse

Le cycle de développement des principales espèces, la dynamique de leurs populations permettent de déterminer leur stratégie dans un environnement donné et leur réponse face aux perturbations et aux contraintes. En référence au modèle de GRIME, les espèces de stratégie «R» montrent une grande aptitude à la colonisation de milieux perturbés, les

espèces de stratégie «S» se caractérisent par leur tolérance aux contraintes physiques ou leur capacité à survivre dans des conditions difficiles (oligotrophie, sécheresse, hydromorphie). Les espèces de stratège «C» présentent une aptitude à la compétition dans des landes enrichies par l'incendie.

Le comportement des individus des principales phanérogames colonisant les landes incendiées est analysé *in situ*. Le dénombrement des hampes florales des Graminées renseigne sur leur modalité de développement et de croissance en fonction de leur âge, mais aussi en relation avec les opportunités offertes dans les différentes conditions du terrain. L'effort de reproduction, expression de la vitalité des individus, diminue chez les individus des cohortes les plus récentes en raison de la concurrence par interférence avec les individus des cohortes plus anciennes, et les individus des autres espèces à croissance plus importante. Le partage des ressources se fait au profit de la croissance végétative afin d'assurer la survie des individus soumis aux fortes contraintes physiques et biotiques.

La troisième partie est une analyse comparative des comportements d'*Agrostis setacea* et de *Molinia caerulea* en conditions expérimentales afin de contrôler les observations *in situ* et d'évaluer la tolérance ou la résistance de ces espèces aux contraintes et aux perturbations qui affectent les landes bretonnes.

L'étude de l'influence de la lumière confirme qu'*Agrostis setacea* est une espèce sciafuge alors que *Molinia caerulea* est tolérante à l'ombrage. La réduction de vitalité s'observe par une modification de l'allocation d'énergie ou de ressource à la reproduction. Chez *Molinia*, la plasticité phénotypique est réversible puisque la plante réagit positivement à la suppression de la contrainte (ombrage).

Molinia caerulea est plutôt tolérante à l'hydromorphie qu'hygrophile. Les adaptations morpho-physiologiques de la Molinie lui assurent un avantage sur *Agrostis setacea* dans le cas d'une interférence entre individus de ces deux espèces hygrotolérantes. De même, les deux Graminées sont xérotolérantes mais *Molinia* supporte mieux l'alternance des contraintes d'hydromorphie et de sécheresse.

Les deux espèces s'accommodent de conditions édaphiques variées mais leur plus grande vitalité s'observe sur des sols humifères bien drainés et mésotrophes. L'importance et le rôle du système racinaire est un facteur-clé de l'aptitude à la compétition et *Molinia caerulea* possède des atouts sur *Agrostis setacea* (tissus de réserves, endomycorhizes, biomasse racinaire biomasse épigée).

La co-existence des deux espèces sur le terrain s'explique par la pratique des coupes et des feux répétés qui interviennent en réduisant la vitalité des individus et donc leur aptitude à la compétition. Le maintien et la dominance d'*Agrostis setacea* dans certaines situations s'expliquent par ses caractéristiques démographiques et sa capacité à germer spontanément dans un espace perturbé ; le premier occupant s'assure souvent un avantage décisif et peut empêcher l'installation d'espèces plus compétitives.

La reconquête des espaces fortement perturbés s'avère difficile pour les espèces ligneuses des landes (Bruyères et Ajoncs). La faible dispersion des semences, la survie aléatoire des plantules et leur croissance lente soulignent les difficultés qu'elles rencontrent face à d'autres espèces à développement plus rapide et plus important. Néanmoins, après le cap déterminant de l'installation, la survie dans un environnement continuellement appauvri en éléments nutritifs ne dépend pas en premier lieu d'une aptitude à la concurrence mais plutôt d'une aptitude à rester en vie dans des conditions où une faible croissance est possible. Les mécanismes de tolérance déterminent la progression des populations des différentes espèces de Bruyères et d'Ajoncs adaptées aux contraintes abiotiques.

Conclusion : Mis à part les perturbations majeures (feu d'humus + érosion), la lande apparaît être un système dynamiquement robuste. Les fauchaisons et les feux répétés depuis des siècles ne sont-ils pas justement responsables de la sélection des plantes caractérisant les landes ? Ils sont, pour une grande part, à l'origine de la faible diversité floristique et faunistique des communautés des landes, mais sont nécessaires à la pluralité des biocénoses dans chaque système. La gestion historique des landes, les perturbations périodiques qui les affectent sont les éléments de leur origine et de leur maintien. La stabilité temporaire d'une communauté sur une parcelle déterminée n'est en réalité qu'une phase de ralentissement dans la succession secondaire. Plusieurs raisons expliquent cette relative stabilité : causes chorologiques, édaphiques, biotiques et anthropiques.

A l'origine de la diversité biocénotique des différents systèmes de landes, l'homme doit maintenir sa pression pour assurer leur pérennité. La gestion et l'aménagement ne peuvent se concevoir qu'au niveau de la parcelle compte-tenu de la diversité de la végétation et de sa dynamique.

Arnould SCHAAL. — **Le polymorphisme du comportement reproducteur chez le Daim d'Europe (*Dama d. dama*). Contribution à la socio-écologie des Cervidae.** Thèse de Doctorat soutenue le 9 juillet 1987 devant l'Université Louis Pasteur (Strasbourg I), 231 pages. JURY : P. ROPARTZ, R. CAMPAN, B. KRAFFT, Y. RUMPLER, J.P. SIGNORET.

Ce travail a pour but d'analyser les stratégies reproductrices développées par les mâles adultes chez un représentant peu étudié de la famille des Cervidae, le Daim d'Europe. Il a également pour objet d'identifier les facteurs écologiques et sociaux qui déterminent les variations des systèmes sociaux observés.

L'ouvrage comprend 11 chapitres organisés en quatre parties.

La première partie est consacrée à une esquisse de l'évolution des concepts de l'«écologie comportementale» et à une introduction au problème des variations intra-spécifiques des systèmes sociaux chez les Vertébrés et, plus particulièrement, chez les Ongulés. La définition des objectifs généraux de l'étude est suivie d'une présentation des populations et des sites d'étude. Enfin, un chapitre décrit l'organisation de l'observation, les méthodes d'échantillonnage, la méthode d'individualisation des animaux et définit la terminologie employée (habitat, groupe social, stratégie, etc.).

Le travail s'appuie sur l'étude comparative de l'organisation sociale de deux populations de Daims placées chacune dans des situations différentes d'environnement écologique et social.

La première population (population A), de densité moyenne variant entre 8 et 12 individus/km², comprend près de 300 animaux en liberté sur une aire de 5 000 hectares (Ried et Illwald, Alsace) composée de zones à couverture forestière dense (qualifiées d'habitat «fermé») et de zones de cultures (habitat «ouvert»).

La seconde population (B), de densité élevée, comprend environ 1.500 Daims occupant un site enclos de 1.000 hectares (Danemark) avec, comme précédemment, des milieux à physionomie différente : zones forestières et landes «ouvertes» à graminées.

L'observation repose sur la reconnaissance individuelle de plusieurs dizaines d'animaux, sur la description quantitative des caractéristiques des groupes sociaux, ainsi que sur la quantification de paramètres comportementaux.

La deuxième partie détermine les aspects temporels du cycle de reproduction et analyse les stratégies reproductrices observées au sein de la population A.

En fonction de la distribution temporelle des comportements socio-sexuels, le cycle sexuel de la population a été subdivisé en trois phases distinctes :

— phase 1, de septembre à novembre : rut d'automne.

— phase 2, de novembre à mars : phase d'activité sexuelle hivernale

— phase 3, d'avril à août : phase de quiescence sexuelle.

L'existence de deux phases d'activité sexuelle, l'une présentant une activité intense et continue (phase 1), l'autre caractérisée par une activité sexuelle discontinue (phase 2), crée, conjointement aux deux grands types d'habitat évoqués plus haut, quatre situations d'environnement physique et social auxquelles correspondent les stratégies comportementales suivantes :

1. Phase 1/Habitat forestier. La stratégie dominante est un comportement territorial (stratégie «T») des mâles adultes caractérisé par l'attachement à un site fixe et par l'exclusivité d'occupation de ce site. La période d'occupation de ce territoire à caractère «extensif» est précédée par une phase d'acquisition territoriale de 2 à 7 semaines. Les femelles visitent les territoires par petits groupes (2,4 individus, en moyenne).

2. Phase 1/Habitat ouvert. Dans ce cas, les mâles reproducteurs ne présentent pas de fidélité spatiale, mais tentent de contrôler les groupes de femelles (composés, en moyenne, de 9 individus de tout âge) qu'ils suivent dans leurs déplacements. Cette stratégie d'appariement est celle de la monopolisation d'un harem temporaire (stratégie «H») par un mâle dominant qui exclue tous les autres compétiteurs potentiels.

3. Phase 2/Habitat ouvert. Les groupes sociaux mixtes qui occupent en permanence les milieux ouverts sont de grande taille (en moyenne 25 individus). Ils comprennent entre 1 et 15 (moyenne : 4) mâles adultes qui montrent un degré élevé de tolérance inter-individuelle et parmi lesquels s'établit une hiérarchie de dominance-subordination. Un seul de ces individus, situé temporairement au sommet de la hérarche sociale, assure la totalité des copulations sans exclure du groupe les autres compétiteurs potentiels. Cet ensemble de comportements reproducteurs et sociaux est défini comme une stratégie «D» (dominance)

4. Phase 2/Habitat forestier. Les groupes mixtes hivernaux sont, dans cet habitat, de taille plus faible (9 individus en moyenne) et comprennent entre 1 à 5 (moyenne : 2) mâles liés, comme précédemment, par une relation de dominance-subordination sans exclusion des compétiteurs. En plaçant l'analyse à l'échelle de la population plutôt qu'à celui du groupe social, il ressort que les comportements socio-sexuels se développent dans un contexte social «éclaté» où des groupes ou des individus plus ou moins dispersés maintiennent un contact discontinu. Ce contexte social, qui favorise les échanges d'individus, permet aux mâles adultes de se déplacer d'un groupe social à l'autre à la recherche de femelles réceptives. La stratégie «R» (recherche) ainsi définie apparaît comme une variante de la stratégie D dont elle peut représenter la première étape.

Les facteurs liés à ces variations sont identifiés par l'analyse des caractéristiques des groupes sociaux et par l'analyse des budgets d'activité des mâles reproducteurs.

Une comparaison inter-habitats (durant la phase 1 : **habitat forestier** versus **habitat ouvert**) met en évidence que l'activité locomotrice directement liée à la monopolisation des femelles présente un caractère plus dynamique en habitat ouvert et que les déplacements rapides prédominent dans ce milieu (58 % contre 38 % en habitat forestier). Cette différence dans le degré d'activité est corrélée avec des différences dans les caractéristiques des groupes de femelles. En habitat ouvert, ces groupes sont en effet plus difficiles à monopoliser par les mâles adultes car ils présentent : (1) un effectif significativement plus grand, (2) une cohésion sociale plus faible et (3) un taux de maturité sexuelle des groupes plus faible (lié à une plus grande fréquence d'individus non reproducteurs). En outre, l'occurence des mâles compétiteurs autour des groupes de reproduction est plus importante en milieu ouvert.

Une comparaison inter-saisons (au sein des habitats ouverts : **phase 1** versus **phase 2**) montre que la reproduction hivernale est caractérisée par un faible degré d'activité locomotrice des mâles adultes : leurs déplacements rapides à caractère agonistique ne représentent qu'une allocation temporelle de l'ordre de 3 % (contre 58 % durant la phase 1). Cette différence dans le budget d'activité des mâles reproducteurs est en partie liée (1) à une variation du degré d'intolérance entre les mâles et (2) à une variation de la distribution temporelle des ressources sexuelles que constituent les femelles réceptives. Le degré de synchronisation des périodes de réceptivité sexuelle est en effet très élevé durant le rut d'automne, tandis qu'il est environ 100 fois plus faible pendant la période hivernale. Il en résulte une compétition sexuelle plus faible durant cette période, ce qui permet la formation de groupes mixtes multi-mâles par opposition aux groupes mono-mâles (harems) observés durant le rut d'automne.

Dans la troisième partie l'auteur aborde une comparaison inter-populations et tente de déterminer si les stratégies comportementales mises en évidence dans la population A se retrouvent dans la population B, à structure démographique différente.

L'analyse des comportements reproducteurs observés au sein de la population B durant le rut d'automne (phase 1) montre, comme précédemment, l'existence de stratégies T et H.

Toutefois, il apparaît une nouvelle structure sociale, comparable aux leks (ou arènes de reproduction) de certains Tétraonidae. Entre 10 et 30 mâles adultes occupent des territoires de très petites dimensions (15 à 20 m de diamètre) agglomérés au sein d'une aire fixe de 120 × 150 m environ. L'intense activité territoriale qui s'y développe détermine un renouvellement rapide des mâles dont le temps moyen de permanence est de 1,5 jours. Les femelles pénètrent sur cette aire et se déplacent d'un territoire à l'autre, apparemment sans contraintes de la part des mâles résidents. La fonction de ces territoires est uniquement liée à la reproduction.

Les différents critères de territorialité individuelle, de rareté des disponibilités trophiques sur les territoires, et de déplacements sans contrainte pour le femelles sont respectés et constituent des arguments décisifs en faveur de l'existence saisonnière d'un lek au sein de la population étudiée.

Une analyse préliminaire du fonctionnement du lek montre que la quasi-totalité (92 %) des 311 copulations relevées ont eu lieu sur cette aire (qui ne représente que 0,1 % de l'aire totale de répartition de la population). La distribution du succès de copulation parmi les mâles résidents sur le lek est significativement différente d'une distribution aléatoire : 43 % des mâles territoriaux présents sur le lek pendant une saison de reproduction n'ont obtenu aucune copulation, tandis que seulement quelques individus (16 %) ont effectué

64 % de l'ensemble des copulations.

L'hypothèse d'un plus grand succès individuel au centre du lek («center effect») émise par des auteurs travaillant sur les Oiseaux n'a pu être confirmée. Les résultats suggèrent au contraire que la localisation des mâles sur le lek ne représente qu'un seul des facteurs déterminant le succès de reproduction des individus résidents.

La dernière partie de l'étude résume les résultats et les discussions présentées dans les chapitres précédents. L'auteur y précise les différentes caractéristiques des stratégies comportementales de reproduction et les met en relation avec les caractéristiques de l'organisation sociale de l'espèce et avec des facteurs tels que l'intensité de la compétition sexuelle (variables physiologiques et variables démographiques), la dispersion temporelle et spatiale des ressources sexuelles et trophiques, les coûts immédiats et différés de la monopolisation de ces ressources.

En conclusion, l'originalité de ce travail réside dans la mise en œuvre de la démarche comparative à différents niveaux intra-spécifiques et dans l'étude de deux populations situées, l'une, dans la partie centrale de son aire de répartition et l'autre, à sa périphérie. L'étude a mis en évidence une remarquable flexibilité du système de reproduction de l'espèce. La reproduction en leks, qui est particulièrement rare chez les Mammifères (5 à 6 espèces, essentiellement africaines), n'avait, jusqu'à présent, pas été démontrée chez les Cervidae. Ce travail contribue donc à élargir le spectre des variantes de la structure sociale connues pour l'espèce et le groupe zoologique. En raison de la flexibilité de son système de reproduction et de ses caractéristiques propres, l'espèce constitue un excellent modèle pour l'analyse des mécanismes de la sélection sexuelle et pour l'étude de l'évolution des systèmes sociaux chez les Ongulés.

Paul DEVANTERY. — **Action des courants sur la faune des mousses immergées à *Platyhypnidium riparioïdes, Bryophyta*.** Thèse de Doctorat de l'Université Claude Bernard, Lyon I, soutenue le 26 mars 1987. JURY : MM. ANGELIER, BOURNAUD, LAURENT, PATTÉE.

Ce travail tente de saisir l'influence du courant sur la faune d'un milieu de mousses immergées. En préalable, il élargit les données touchant la rivière torrentueuse du sud-est français qu'est le Gier, ainsi que son environnement. L'examen des contextes géographique, géologique, pédologique et végétal, comme climatique, prépare une étude physico-chimique de l'eau, prioritaire.

Techniquement, ce travail fut assez exigeant. Le matériel et les méthodes utilisés sont décrits au début des chapitres correspondants (Mousses Chapitre 2 - Courant Chapitre 3). L'appareillage inédit de mesure et d'expérimentation notamment, est détaillé et représenté.

Composant essentiel du dit milieu, la Bryophyte Hypnacée *Platyhypnidium riparioides* est examinée dans sa biologie et sa morphologie propres. Son organisation structurale l'est aussi, en relation avec les indices de surface et d'habitabilité, les sables contenus et autres facteurs impliqués.

Cette première connaissance a permis une recherche plus efficace des conditions de courant dans la strate, notamment à travers la morphologie de la plante. A cet effet, les données de terrain ont été complétées par une étude expérimentale en rivière artificielle. En partant de la morphologie foliaire, cet appareil établit la présence de microcourants contributifs et singulièrement de courants récurrents ralentis, au sein des zones laminaires et des couches-limites. Ces diverses observations ont permis une certaine approche, quant aux effets des macrocourants comme des microcourants sur l'organisation du biotope observé.

L'ensemble des données recueillies a fait l'objet d'une application faunistique portant sur une huitaine de groupes différents. Les 24 variables mésologiques principales enregistrées exigeaient une méthode suffisamment sélective. Il fut fait appel à l'analyse en composantes principales normée (ACPN), comme à l'analyse factorielle des correspondances (AFC). Les indications schématiques obtenues sont généralement en accord avec notre connaissance actuelle de l'écologie des espèces les plus représentées. Elles conduisent vers une triple conclusion générale :

— le courant contribuerait à rassembler des ressources variées dans la strate des mousses,

— il renforcerait l'unité, tant du biotope que de la biocénose,

— de plus, malgré des alternances saisonnières accusées au niveau des facteurs physico-chimiques de la rivière, la strate moussue apparaît comme une zone particulière de stabilité

Jean-Luc MASLIN. — **Démographie et production d'une population de mollusques lamellibranches en milieu lagunaire (Afrique de l'ouest).** Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences soutenue à l'Université Claude Bernard Lyon I en 1987. JURY : Mme BOUVET, MM. BOULETREAU, GUELORGET, LE LOEUFF, PATTÉE (*Président*)

Après une description des fluctuations hydroclimatiques du lac Ahémé (Bénin, Afrique de l'ouest) mettant principalement en relief l'importance de l'oxygène et de la salinité sur l'environnement des populations de mollusques benthiques, il est particulièrement fait mention de l'originalité de ce type de milieu où l'affrontement des masses d'eau continentales douces et marines salées détermine des conditions de vie éminemment imprévisibles au cours des cycles annuels successifs

Dans un tel contexte, la population de *Corbula trigona* (mollusques lamellibranches) s'installe le long d'un gradient de salinité dont les variations imposent aux individus des contraintes réglant leur profil démographique et la dynamique de cette population. Ainsi, on observe, aux extrémités du gradient deux types de stratégies de «survie» de la population : lorsque les conditions de salinité deviennent très sévères (sursaline), une importante mortalité de type catastrophique intervient, ajustée à un recrutement centré sur la période de plus faible salinité (hautes eaux) ; par contre, dans les zones où la salinité a des valeurs maximales faibles, le recrutement est continu toute l'année avec une mortalité constante.

La production de ces mollusques benthiques, évaluée à partir des données de croissance et de dynamique de population, permet de classer le lac Ahémé dans les écosystèmes à forte capacité biogénique, avec des valeurs de production somatique variant de 9,75 à 24,27 g/m^2/an.

Corbula trigona semble bien adaptée à cet écotone saumâtre fluctuant, par sa plasticité démographique et ses capacités écophysiologiques. Cependant, si elle s'y maintient en grand nombre après l'éradication des bivalves consommables et de plus grande taille, c'est au prix de dépenses métaboliques importantes qui lui laissent, somme toute, relativement peu d'énergie pour la productivité.

J.J. D'HURLABORDE. — **Conditions nécessaires à la nitrification des effluents de tannerie en fosse d'oxydation.** 3ème cycle Analyse et Modélisation des Systèmes Biologiques, Université Claude Bernard Lyon I. Diplôme de Docteur soutenu le 28 janvier 1987. JURY : MM. PATTÉE, BARDIN, Mme CARRE, MM. VULLIERMET, MONTUELLE.

L'azote peut être une source de nuisances du point de vue de l'environnement naturel et humain. La nitrification est réalisable simultanément à l'épuration carbonée par le procédé de boues activées.

La comparaison de deux installations (l'une non nitrifiante et l'autre réalisant une élimination quasi-complète de l'azote : nitrification et dénitrification) permet de mettre en évidence des similitudes au niveau des types d'effluents à traiter et de fortes différences dans les dimensionnements et les gestions des installations.

Une étude au laboratoire montre que les liqueurs mixtes ont des comportements semblables vis-à-vis de la nitrification : les nitrifiants sont effectivement présents dans l'installation non nitrifiante et sont capables de se développer (dans les conditions optimales de culture) en étant alimentés par des effluents de cette tannerie.

Une étude sur pilote de laboratoire permet, en s'appuyant sur les caractéristiques de cette microflore nitrifiante, de dégager des consignes de gestion et de dimensionnement pour que la nitrification soit possible.

Jean-Claude RAMEAU. — **Contribution phytoécologique et dynamique à l'étude des écosystèmes forestiers. Applications aux forêts du Nord-Est de la France.** Thèse de Doctorat d'Etat soutenue devant l'Université de Besançon, le 24 septembre 1987. JURY : MM. BIDAULT, LACOSTE, SOUCHIER, BRUCKERT, CARBIENER, ELLENBERG.

Cette thèse se compose de deux parties :

1. ***Les principales publications*** parues de 1971 à 1987, présentées en plusieurs volets : **phytosociologie forestière, dynamique de la végétation, cartographie de la végétation, typologie forestière, études dérivées** (floristique, chorologie, phytogéographie, autoécologie, patrimoines naturels, écologie et aménagements) ;

2. ***Un rapport de synthèse*** rassemblant les réflexions sur les concepts et leur structuration, dans les domaines suivants : **phytosociologie forestière, dynamique de la végétation** et **typologie forestière**. L'auteur souligne les aménagements à apporter à la démarche phytosociologique sigmatiste pour une meilleure prise en compte, d'une part des **conditions écologiques** à l'origine du déterminisme de la végétation (édaphiques, climatiques, biotiques, chorologiques, historiques raciales écologiques ou **phytogéocoenoses, sylvofaciés...**) et, d'autre part, des **phénomènes dynamiques (stratégies adaptatives des espèces, phases** ponctuant la vie d'une association végétale, diversification des **modalités évolutives** au sein d'une même station...).

La phytosociologie deviendrait ainsi plus fonctionnelle dans la carctérisation des unités écologiques fondamentales que sont les **écosystèmes** (par intégration à la phytogéocoenose de la dynamique qui lui est propre, du fonctionnement et des résultats de ce fonctionnement).

Nous insisterons plus particulièrement dans ce résumé sur les réflexions concernant la dynamique de la végétation

La propriété fondamentale du tapis végétal est **son état de perpétuelle mouvance dynamique.** Il faut reconnaître que les méthodes d'étude de la végétation traduisent souvent mal ces phénomènes de succession, donnant une vision trop statique et figée de la réalité, qu'il s'agisse de la phytosociologie sigmatiste ou de méthodes dites «dynamiques» qui enserrent finalement de la même façon le concept de climax dans une «camisole de force statique».

Sur toute surface écologiquement homogène existe une **mosaïque spatio-temporelle** en changement permanent. Les causes de la dynamique du tapis végétal sont d'origine **endogène** (croissance des individus, stratégies adaptatives des diverses espèces...) et **exogène** (modifications accidentelles brutales ou progressives des conditions du milieu).

Les phénomènes dynamique naturels qui s'observent dans les forêts «anciennes» («Urwälder» = forêts non, ou peu, perturbées par l'homme) se trouvent souvent diversifiés et complqués dans les forêts gérées par l'homme (avec l'impact anthropique passé et actuel). Cette complexification est maximale au niveau des paysages ruraux, façonnés par les fluctuations anciennes des activités agricoles, fluctuations qui jouent un rôle moteur dans la diversification dynamique en Europe tempérée et méditerranéenne (par multiplication linéaire et spatiale des **lisières** et des **manteaux arborescents**).

Dynamique de la végétation à différentes échelles du temps :

Nous avons jugé intéressant de suivre les successions à différentes échelles de temps. Sur une courte période, se déroulent les **cycles sylvigénétiques** (modification dues aux variations induites par la croissance des arbres ▶ **écotopes** et **phases**, étapes de succession entraînées par les chablis ▶ **unités de croissance** et **mosaïques de développement** caractérisant une station) ▶ **sylvigenèse**.

Sur une période plus longue on observe la succession de **stades** (pelouses ▶ landes ou fruticées ▶ forêts), dynamique linéaire à considérer comme l'**ontogénèse des climax**. Cette dynamique linéaire conduit aux **manteaux arborescents** qui jouent un rôle essentiel dans les paysages en tant que premières phases de la sylvigenèse en Europe tempérée et méridionale, lorsque les paysages sont très anthropisés (ces phénomènes dynamiques s'inscrivent dans une **série de végétation** ou **chronoséquence végétale**).

Enfin sur des durées encore plus longues, les variations climatiques progressives des périodes interglaciaires entraînent des successions lentes ou sein des climax forestiers à l'origine de changements dendrologiques plus ou moins profonds selon les caractères des milieux (possibilité fréquente de **blocages** entraînant la permanence d'éléments de végétation relique d'une époque climatique révolue) ▶ **phylogenèse des climax**.

Quelques modalités des successions :

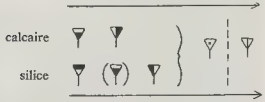
Quelle que soit l'échelle de temps, toute succession est confrontée à trois possibilités : **autorégénération** (reproduction de la végétation existante du fait de l'existence d'un blocage), **anticipation** (gain de maturation qui conduit à se rapprocher du stade climacique ou de la phase optimale de celui-ci) et **régression** (retour à une phase ou à un stade moins évolué du fait d'une perturbation). La rapidité du déroulement de la succession et de son ampleur dépendent, pour la

sylvigenèse de la présence d'un potentiel local de semences important et varié, pour l'ontogenèse de l'existence d'un paysage mosaique capable de fournir ce potentiel de semences et de répondre immédiatement à toute perturbation touchant n'importe quel stade évolutif et pour la phylogenèse de l'existence régionale d'un essaim climacique avec divers types de climax pouvant suivre divers schémas évolutifs éventuellement induits par des variations lentes macroclimatiques.

Les études phytosociologiques classiques s'intéressent généralement à la syndynamique en en donnant une série d'images floristiques qui correspondent aux grandes étapes de la succession ou **stades** de l'ontogenèse, avec parfois une description de quelques phases ponctuant ces stades. A notre avis, il faudrait d'une part effectuer une analyse plus fine de ces variations floristiques d'origine dynamique (**description systématique des phases** avec prise en compte, le cas échéant, des diverses modalités observées pour chacune) et, d'autre part, s'intéresser aux comportements et tempéraments des espèces afin de pouvoir expliquer les mécanismes des successions (comment se fait le passage d'une phase à l'autre ?).

Le classement des essences en **pionnières**, **post-pionnières** et **dryades** est élaboré en réalisant une synthèse des caractères éthologiques (stratégies adaptatives des différentes espèces ligneuses : caractères démographiques, réactions aux diverses contraintes, potentiel séminal ..), des tempéraments vis-à-vis de la lumière au stade jeune... Il existe en réalité un gradient continu entre les constituants des différentes catégories comme le montre l'exemple des chênes, choisi ci-après (espèces post-pionnières) :

Ordre des successions possibles dans les sylvigenèses régionales
gradient d'héliophilie décroissante



Légende :

	Chêne vert	*Quercus ilex*
	Chêne tauzin	*Quercus pyrenaica*
	Chêne pubescent	*Quercus pubescens*
	Chêne liège	*Quercus suber*
	Chêne pédonculé	*Quercus robur*
	Chêne sessile	*Quercus petraea*

La place de ces essences dans une succession (sylvigenèse) et leur participation à la phase optimale dépendent de leurs propriétés biologiques, de leurs exigences, de leur optimum et de leur amplitude écologiques, de leur **pouvoir dynamogénétique** vis-à-vis des autres espèces... Chaque espèce suit un comportement propre : elle intervient à un moment qui dépend de son écologie et de son tempérament ; elle devient un facteur biotique vis-à-vis des autres espèces.

Quand elle s'introduit dans une succession, la réaction d'une essence sur l'ensemble des espèces déjà présentes est très différente en nature et en intensité : l'espèce peut être **édificatrice**, **conservatrice** ou **destructrice** ; le comportement dynamogénétique exprime donc la portée sociale de l'autoécologie des espèces.

Les comportements des essences sont différents selon les groupements d'une région et selon les phases de la dynamique d'un même groupement. Parmi les arbres forestiers on observe les espèces à pouvoir dynamogénétique majeur : certaines postpionnières (Chênes pédonculé et sessile) et des dryades surtout (Hêtre, Sapin, Épicéa) qui sont les piliers de nombreuses associations. Par contre, les pionnières ou postpionnières nomades* constituent des espèces secondaires d'accompagnement des phases optimales ou les espèces fugaces des phases pionnière ou transitoire (ne prenant un développement plus complet qu'en situation de blocage des espèces à fort pouvoir dynamogénétique). Ces données sont valables à tous les stades de l'ontogenèse : stade forestier, mais aussi stade «pelouse» (avec le rôle majeur de *Bromus erectus, Brachypodium pinnatum, Sesleria caerulea* selon les milieux pour le Nord-Est de la France) et au niveau des manteaux arbustifs (avec *Prunus spinosa, Cornus sanguinea, Corylus avellana...*)

* **Nomades** : espèces postpionnières ou dryades, «opportunistes», capables de s'installer en pionnières dans un mi seu ouvert.

Concept de climax et les types de climax à l'échelle d'une région :

Nous proposons une définition plus dynamique du concept de *climax*. Il est souhaitable d'abandonner les termes ambigus de proclimax, quasiclimax, euclimax... (utilisés parfois par certains auteurs comme synonymes de climax !) au profit des notions de **phases** : phase pionnière, phase transitoire, phase optimale, plus explicites

Le climax est une **mosaique spatio-temporelle** faite de phases transitoire(s) et optimale, réunies au sein d'une même station, mosaique capable de répondre efficacement à toute perturbation remettant en cause la pérennité de l'écosystème (cette mosaique possédant une forte homéostasie).

Un mode de dénomination simple des climax (signifiant se référant au signifié) peut faire appel aux essences fondamentales de ces deux phases (hêtaie-chênaie, hêtraies-sapinière...).

Un **paraclimax** est issu d'une succession secondaire, après action anthropique ; les caractères stationnels modifiés durablement entraînent une déviation de la dynamique végétale par rapport au climax primitif.

Différents types de climax coexistent à l'échelle d'une région, climax susceptibles d'être rangés en trois catégories en fonction des facteurs prépondérants qui assurent le **blocage** de la dynamique au niveau de telle ou telle phase optimale :

— les **climax climatiques** où le blocage est créé par le macroclimat actuel (la levée du blocage est réalisée par les grandes variations climatiques qui s'étalent sur plusieurs siècles) ; ils constituent **un essaim de climax** par région, plus ou moins diversifié selon la variabilité édaphique régionale (mêmes essences dominantes : hêtraies-chênaies, hêtraies... : l'essaim de climax climatiques correspond au concept de **végétation zonale**) ;

— les **climax édaphiques** où les blocages sont essentiellement d'origine pédologique (hydromorphologie, forte acidité...) ;

— les **climax stationnels** avec un blocage déterminé à la fois par les conditions mésoclimatiques et pédologiques.

Ces deux derniers types subissent aussi l'influence des conditions macroclimatiques : la distinction de trois types de climax est proposée pour son rôle «opératoire» dans la comparaison des climax d'une région ou de plusieurs régions : en effet on pourrait considérer que tous les climax sont stationnels

Notion de blocage :

La dynamique de la végétation, au sein d'une même région, s'effectue à des vitesses différentes selon les caractères stationnels des milieux représentés et le terme final (ou phase optimale) y est différent en fonction de l'existence de tel ou tel blocage. L'existence de ces blocages permet d'expliquer la permanence à une époque donnée, d'espèces, d'ensemble d'espèces ou de groupements végétaux **reliques** d'une période précédente possédant des caractères climatiques différents

Le facteur à l'origine du blocage est favorable au maintien de ces éléments en les mettant à l'abri de la concurrence des espèces propres aux climax climatiques.

Ces blocages interviennent au cours de la phylogenèse (avec la permanence de groupements reliques), de l'ontogenèses (exemple : les pelouses climaciques à *Sesleria caerulea* des corniches calcaires bourguignonnes, les frutcées climaciques à **Amelanchier ovalis** situées en arrière de ces corniches...) ou de la sylvigenèse (arrêt de la succession avec les pionnières : saulaie, saulaie-peuplerale de bordure de cours d'eau, avec les nomades : tillaies, érablaies-frênaies des sols d'éboulis grossiers, blocage au stade de la structuration de la canopée : forêt steppique ouverte de Russie à Chêne pédonculé, blocage au stade «dispersion» : peuplement de Genévrier thurifère de Saint Crépin).

D'autres causes de blocage s'observent : blocage du fait des vicissitudes historiques des migrations végétales (blocage d'origine chorologique), du fait d'actions anthropiques (culture, pâturage, perturbation sur de grands territoires entraînant l'absence de potentiel de semences pour certaines espèces .).

Une illustration de ces phénomènes de blocage est donné avec l'étude des différences de comportement de Pin sylvestre, des Chênes pédonculé et pubescent, dans les successions et ceci au niveau de la France.

Concepts de maturation sylvigénétique et de maturation floristique :

L'examen des essaims climaciques régionaux conduit à la définition des concepts de **maturation sylvigénétique** et de **maturation floristique**. La sylvigenèse est considérée comme étant d'autant plus évoluée que la phase optimale est structurée par des espèces plus sciaphiles (des dryades en particulier). La comparaison du degré de maturation sylvigénétique des principaux modèles forestiers français permet de montrer les relations entre les différents groupements (phénomène de vicariance, liens phylogénétiques...). L'étude de la phylogenèse de la végétation montre comment la maturation sylvigénétique des forêts actuelles s'est effectuée.

La hêtraie-sapinière à Épicéa se révèle à l'échelle de l'Europe le peuplement qui présente la maturation sylvigénétique la plus élevée compte tenu du stock dendrologique qui subsiste sur le continent après les glaciations.

Les forêts tempérées européennes représentent un cas particulier par rapport aux forêts homologues d'Amérique du Nord et du Japon où on note l'absence de post-pionnières ou de dryades à haut pouvoir dynamogénétique et la coprésence de multiples espèces de chaque catégorie dans la plupart des types forestiers. Les glaciations ont eu pour effet, en Europe, d'éliminer progressivement de multiples espèces et d'entraîner l'apparition d'écotypes à haut pouvoir dynamogénétique pour certaines espèces (Hêtre, Chênes, Sapin...). Une certaine richesse dendrologique s'observe dans les forêts européennes en cas de blocage de ces essences (forêts riveraines, forêts installées sur éboulis...).

A l'échelle du globe, la maturation sylvigénétique la plus élevée caractérise les forêts ombrophiles et en particulier les forêts asiatiques où un grand nombre d'espèces peuvent participer à la phase optimale au niveau de la mosaïque de développement.

Végétation actuelle, végétation ancienne, végétation potentielle, les conséquences pour la cartographie dynamique :

Du fait de l'action de l'homme au cours des siècles et de la gestion forestière contemporaine, la **végétation forestière actuelle** est souvent très différente de la végétation que l'on serait en droit d'attendre compte tenu des conditions écologiques et des connaissances que l'on possède sur le tempérament des essences.

Il est donc nécessaire de distinguer la **végétation actuelle** et la **végétation ancienne**, c'est-à-dire de la sylve primitive qui existait avant l'intervention de l'homme (il faut souligner d'ailleurs que les dernières étapes de la phylogenèse se sont déroulées alors que les populations humaines commençaient à entamer et utiliser la couverture forestière). Les **climax actuels** peuvent être différents des climax anciens si les actions anthropiques ont modifié le milieu (eutrophisation, aitération du substrat par accentuation de l'acidité, de l'hydromorphie, de la xéricité, changement climatique...) en amenant donc l'induction d'un blocage quelconque. Ainsi, il faut parler de **végétation potentielle actuelle** pour désigner la végétation vers laquelle tend naturellement la dynamique présente.

Ces considérations qui paraissent si évidentes ne sont pas toujours intégrées dans l'interprétation des groupements végétaux (certaines phases pionnières ou transitoires étant parfois élevées au rang d'association...). Mais plus curieux encore ces distinctions entre la végétation actuelle et la végétation potentielle (donc le climax) ne sont pas plus respectées

sur certaines cartes de la végétation au 1/200.000e, cartes pourtant élaborées sur des bases dynamiques (Gaussen, initiateur de cette cartographie a insisté sur la différence fondamentale qui existe entre la classification «phylétique des caractères génético-dynamiques» et la classification statique par affinités floristiques qu'utilise la phytosociologie sigmatiste).

Quelques principes de cette cartographie dynamique seraient à revoir. La reconnaissance des différences entre climax et phases (pionnière, transitoire ou optimale) ou entre climax et manteaux arborescents devrait conduire à la non caractérisation d'un climax par une phase pionnière ou transitoire et donc à la non utilisation de leurs essences pionnières ou nomades pour dénommer une série ! On peut s'étonner ainsi se voir une série de Chêne tauzin, une série du Charme ou une série du Pin d'Alep... Beaucoup de surfaces appartenant à une série du Pin sylvestre, du Chêne pubescent, du Chêne vert, du Hêtre... seraient à réétudier.

La stratégie possible dans le cas de telles surfaces est de réaliser l'étude fine des groupements forestiers régionaux, avec mise en place des différents types de climax, et en particulier des climax climatiques à partir des vestiges subsistants et par comparaison avec d'autres régions. Là où ces climax climatiques ne sont pas réalisés, il s'agit de déterminer l'existence d'éventuels blocages par étude des conditions stationnelles, blocages empêchant la végétation d'évoluer logiquement vers la composition dendrologique du climax climatique (importance possible de l'absence ou de l'éloignement du potentiel séminal dans l'évolution du peuplement !). L'autoécologie et le tempérament des essences apportent également des éléments d'appréciation sur le degré de maturation de la végétation actuelle vis-à-vis de la végétation potentielle hypothétique

Soulignons, également que le carton botanique, supposé présenter la végétation potentielle, reproduit trop souvent la végétation actuelle, sans tenir compte du degré d'artificialisation et de dégradation induit par les actions humaines (approche là encore statique). L'étude des paramètres cités précédemment doit permettre d'imaginer les trajectoires des diverses séries de végétation avec la définition des phases optimales possibles

Les phénomènes de succession sont-ils de nature déterministe ou probabiliste ?

Théorie déterministe : la succession est à considérer comme un processus dirigé vers un but ; théorie probabiliste : une grande importance est accordée à l'action éventuelle de facteurs exogènes.

A notre avis, ces deux types de mécanismes interviennent à des moments différents des successions : il y a «hasard et nécessité» :

— le **hasard** est prépondérant dans les phases juvéniles des successions (sylvigenèse et ontogenèse) avec la possibilité d'implantation de diverses espèces (l'espèce dépendant de multiples facteurs exogènes), les équilibres étant susceptibles d'être remis en question fréquemment ;

— la **nécessité** s'installe lorsque le terrain est occupé par certaines espèces. Celles-ci imposent un tri au potentiel de semences susceptibles d'assurer l'évolution du tapis végétal. Peu à peu s'instaure une logique imposée à la fois par les tempéraments des espèces présentes et les exigences des espèces qui s'installent, logique de plus en plus stricte au fur et à mesure que la succession se rapproche de la phase optimale.

C'est donc peu à peu la végétation qui impose cette orientation de la succession en fonction du potentiel chorologique régional et du potentiel de semences local (déterminisme rappelant le principe de **téléonomie** utilisé par Monod).

Bien sûr, au cours du déroulement de la succession, des phénomènes exogènes peuvent arrêter l'évolution et provoquer une régression ; mais la logique s'installera de nouveau progressivement, avec des modalités éventuellement différentes.

Au sein d'une même station, existe donc une **Mosaïque spatio-temporelle** : l'examen (synchronique) des différentes unités juxtaposées révèle la logique dynamique ; pour une unité particulière le hasard (facteurs exogènes, potentiel de semences disponibles au moment de la perturbation) peut entraîner diverses modalités évolutives (régresssion, autorégulation ou anticipation).

ANALYSES D'OUVRAGES

J. ARRIGNON. — **Agro-écologie des zones arides et subhumides**. Un volume 283 pages, préface de M. Cépède, paru en 1987. Éditions G.P. Maisonneuve et Larose ; Agence de coopération culturelle et technique, Paris

L'ouvrage de M. ARRIGNON est l'expression d'une conviction qu'il résume lui-même en ces mots «les problèmes d'un programme de développement ne sont pas tellement techniques : ils sont humains». Le point fort du volume est en effet la volonté de promouvoir une agronomie qui prend en compte le fait humain dans sa composante socio-culturelle.

L'auteur offre une revue des principales techniques agricoles applicables aux zones arides et sub-humides. Une place importante est faite aux «techniques douces» et à la conception de «systèmes de production intégrés». Il aborde successivement : les interactions climatiques, les mécanismes de la dégradation des sols, la lutte anti-érosive, la gestion de l'eau, les aménagements agro-écologiques, l'homme et enfin le problème géopolitique. Certains domaines, comme la gestion de l'eau, les productions hydro-agricoles ou la lutte anti-érosive sont bien documentés et témoignent de l'expérience de l'auteur dans ces domaines.

Certains écologistes «biologistes» seront probablement réservés sur divers aspects de l'«agro-écologie» telle qu'elle est représentée ici, notamment sur cette affirmation : «on peut considérer qu'une succession écologique transformant, sous les tropiques, de maigres pâturages en plans d'eau collinaires et de bas-fonds, gros producteurs de riz ou de poissons, est une succession heureuse» (p. 17). Ils pourront aussi regretter l'insuffisance des discussions sur l'impact écologique de certaines techniques (afforestation en espèces exotiques ou — plus anecdotique — utilisation de perles de polystyrène sur la surface de l'eau de réservoirs, accessibles aux oiseaux d'eau, pour limiter l'évaporation, par exemple). La position de l'auteur contre les «feux de brousse» pourrait par ailleurs être nuancée. Ceux-ci — utilisés avec discernement — peuvent être considérés, dans les zones les plus humides, comme un outil de gestion des savanes dont ils maintiennent l'originalité de la flore et de la faune.

Il y a aussi des faiblesses dans cet ouvrage. Les principales sont liées à des lacunes ou des imprécisions assez manifestes dans certains domaines : biogéographie, milieu naturel (végétation, faune sauvage) ou ... écologie. Attribuer — sans discussion — la formation du «V Baoulé» en Côte d'Ivoire à «la pénétration du chemin de fer et à la chauffe au bois» (p. 21) en est un exemple lorsque l'on sait que l'hypothèse que ce «V» Baoulé corresponde à une relique héritée de la dernière oscillation paléoclimatique sèche, a été solidement étayée par des travaux sérieux (1). De quel «Agouti» — introduit en Afrique — s'agit-il page 123 ? En Côte d'Ivoire notamment on appelle (à tort il est vrai) «Agouti» l'Aulacode (*Thryonomis swinderianus*) qui est une espèce africaine (2).

Le glossaire est une annexe utile, il définit certains termes techniques ou certains sigles signalés dans le texte par un astérisque. On peut s'interroger sur la nécessité d'y trouver des termes du vocabulaire courant comme «obsolète», mais il présente d'autres défauts plus gênants. Certains termes ont une définition qui ne correspond pas au sens utilisé dans le texte comme «abiotique» (p. 113) ou «résilience» (p. 17, 23). D'autres sont définis de façon incomplète ou partiellement inexacte comme «allogène», «défens», «morphogenèse», «vasculaire» ou encore «Sahel» dont il est intéressant d'avoir la définition du mot Arabe, mais qui a une signification biogéographique plus précise. «Actinorhizienne» a une définition inexacte.

Le livre est donc intéressant par bien des aspects, mais il doit être utilisé avec prudence sur certains points de détail.

J-L. DEVINEAU

(1) PELTRE P., 1977. — Le «V Baoulé» (Côte d'Ivoire centrale). Héritage géomorphologique et paléoclimatique dans le tracé du contact forêt-savane. *Travaux et documents de l'ORSTOM* N°80. 198 p.

(2) BIGOURDAN J., PRUNIER R., 1937 — *Les Mammifères sauvages de l'ouest africain et leur milieu*. Imprimerie Jean de Raddet Paris

A. HILLION. — **Les théories mathématiques des populations**, 128 p., 1986, PUF ed. Paris, ISBN 2 13 039193 1.

L'auteur entend le terme de population au sens large, et par conséquent les lecteurs biologistes n'y reconnaîtront pas chacun les spécificités de leur discipline. Par contre ils y retrouveront, clairement exposées, toute une série d'informations concernant les modèles de dynamique de populations (déterministes et stochastiques, en temps discret et en temps continu), leurs paramètres, leur écriture matricielle. Et ce qui est plus rare, ils y liront une présentation abordable des modèles de systèmes complexes (prédateur-proie, hôte-parasite), en y voyant soulignés les problèmes que posent ces systèmes. La dynamique des populations est évidemment un champ de recherches très ouvert des mathématiques appliquées, comme le dit l'auteur, mais aussi de l'informatique et bien entendu de la biologie...

Jean-Marie LEGAY

Bogdan STUGREN. — Grundlagen der Allgemeinen Oekologie. Ed. G. Fisher, léna - 4e edit. 1986, 356 p., 146 fig., 17 tableaux.

L'auteur, Professeur de zoologie à l'Université de Cluj-Napoca, Roumanie, indique dans l'avant-propos, qu'il a cherché à élargir l'intérêt de cette 4ème édition, en ne se limitant pas à en faire un livre à l'intention des étudiants, mais aussi une source de documentation pour les chercheurs en écologie. On note en effet la très abondante littérature citée en fin d'ouvrage, plus de 2.500 titres, précédés d'une référence chiffrée correspondant à la citation dans le texte et classés selon les chapitres et par ordre alphabétique.

On doit noter à ce propos qu'un des intérêts particuliers du livre de B. STRUGREN est de nous faire connaître les travaux de certains écologistes de l'Europe de l'est et de Russie, fournissant d'ailleurs à l'auteur des figures ou schémas qui renouvellent pour nous l'illustration de certaines notions classiques l'écologie, le plus souvent empruntée à des auteurs anglo-saxons.

Toutefois on peut regretter que des ouvrages récents d'écologie, publiés en France, ne soient pas cités ; de même nombre de travaux publiés dans les revues françaises d'écologie semblent ignorés. Il serait souhaitable que nos services de relations culturelles avec la Roumanie favorisent la diffusion des périodiques et ouvrages scientifiques français dans ce pays, où la langue française demeure appréciée et cultivée. Il peut aussi être suggéré à nos collègues écologiques d'adresser leurs tirés-à-part à l'auteur (adresse : Université Cluj-Napoca, 47 rue Clinicilor, Cluj-Napoca, Roumania 3400).

Le plan de l'ouvrage demeure classique : après une introduction de 25 pages présentant le domaine et les buts de l'écologie, sont successivement traités en 7 chapitres : la Biosphère (44 p.) ; la structure spatiale des écosystèmes (30 p.) ; leur aspect biochimique (10 p.) ; leur organisation et évolution dans le temps (20 p.) ; l'écologie des populations (30 p.) ; enfin un chapitre terminal réduit à une seule page, évoque la «niche écologique de l'homme» sous le titre «écologie de la noosphère»

A noter que le texte est imprimé en caractères relativement petits et comporte de nombreux paragraphes en caractères de dimensions plus réduites ; ceci pour souligner que le nombre de pages indiqué, qui parfois peut paraître insuffisant pour traiter des chapitres importants, masque en réalité un texte très dense

P. PESSON

Annual Review of entomology. — Volume 33, 1988. Un volume 550 pages. Prix : 38 dollars. ISBN : 0-8243-0133-1.

Ce volume renferme 23 mises au point sur des projets très divers d'entomologie ; il se termine par un index très utile pour la recherche d'un renseignement sur un sujet précis. Parmi les articles qui intéresseront l'écologiste nous citerons : C.H. WEARING : Evaluating the IPM implementation process (IPM = «integrated pest management») — H.G. SPANGLER : Moth hearing, defense, and communication — P.J. SILK & L.P.S. KUENEN : Sex pheromones and behavioral biology of the coniferophagous *Choristoneura*— H. ZWOLFER : Evolutionary and ecological relationships of the insect fauna of thistles (très intéressante étude de la faune entomologique des chardons avec beaucoup d'aspects originaux touchant à la biogéographie, la compétition, l'évolution et la structure de la guilde des espèces vivant à l'état larvaire dans les capitules, etc.) — D.L. PEARSON : biology of tiger beetles (relativement bien connues au point de vue systématique, les Cicindèles deviennent un sujet d'étude pour la biologie générale : biogéographie, anatomie, physiologie, comportement, prédation, compétition, etc.). — R.R. ALDRICH : Chemical ecology of the Heteroptera — J.C. Van LENTEREN & J. WOETS : Biological and integrated pest control in greenhouses — T. BURK : insect behavioral ecology : some future paths —R.F. LUCK, B.M. SHEPARD & P.E. KENMORE. — Experimental methodes for evaluating Arthropod natural enemies —P.E. HUNTER & R.M.T. ROSARIO : associations of Mesostigmata — with other Arthropods — J.C. MOORE, D.E. WALTER & H.W. HUNT : Arthropod regulation of micro —and mesobiota in below-ground detrital food webs — S.J. WALDE & W.M MURDOCH : spatial density dependance in parasitoids — A.E. WEIS, R. WALTON & C.L. CREGO : reactive plant tissu sites and the population biology of gall makers — B.P. SMITH : host-parasite interaction and impact of larval water mites on insects.

Les autres articles de ce volume sont les suivants : S.C. FUJITA : Use of hybridoma libraries in the study of the genetics and development of *Drosophila* — A.S. FRENCH : transduction mechanisms of mechanosensilla — K.F HAYNES : sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior — R.B. TESH : the genus *Phlebovirus* and ist vectors — H.V. DANKS : systematics in support of entomology — J.P. SHAPIRO, J.H. LAW & M.A. WELLS : lipid transport in insects — A.J. SHELLEY : vector aspects of the epidemiology of onchocerciasis in Latin America — G.F. EDMUNDS & W.P. McCAFFERTY : the mayfly subimago.

R. DAJOZ

Annual review of ecology and systematics. — Volume 18, 1987. Un volume 540 pages. Prix : 34 dollars. ISBN : 0-8243-1418-2.

On peut citer en premier l'article de R.P. McINTOSH : pluralism in ecology, qui présente en vingt pages un état de diverses conceptions et théories qui s'affrontent parfois de façon très vive en écologie, surtout dans le monde anglophone si l'on en juge d'après la bibliographie ; les échos de ces discussions ne semblent pas encore être parvenus en France et la lecture de cet article nous paraît à conseiller

Les autres articles de ce volume sont les suivants : P.B. TOMLINSON : archutecture of tropical plants — D. Hillis ; molecular versus morphological approaches to systematics — M. KIRKPATRICK : sexual selection by female choice in polygynous animals — J.R. SAUER & N.A. SLADE : size-based demography of Vertebrates — T.H. FLEMING, R. BREITWISCH & G.H. WHITESIDES : patterns of tropical vertebrate frugivore diversity — R C. BUCKLEY : interactions involving plants, homoptera and ants — A.P. SMITH & T.P. YOUNG : tropical alpine ecology — W.M. LEWIS : tropical limnology — G.D.F. WILSON & R.H. HESSLER : speciation in the deep sea —D.A. ROACH & R.D.WULFF: maternal effects in plants — D. CHARLESWORTH & B. CHARLES WORTH : inbreeding depression and its evolutionary consequences — C. MORTIZ, T.E. DOWLING & W.M. BROWN : evolution of animal mitochondrial DNA : relevance for population biology and systematics — B.J. PETERSON & B. FRY : stable isotopes in ecosystem studies — S L. BUCHMANN : the ecology of oil flowers and their bees — K.P. DEBENS . the ecology of indeterminate growth in animals — R.B. PRIMACK : relationships among flowers, fruits, and seeds — J.S. DENSLOW : tropical rainforest gaps and tree species diversity — T.E. MARTIN : food as a limit on breeding birds : a life-history perspective — J.C. AVISE *et*

al. : intraspecific phylogeography : the mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics.

La présence de cinq articles consacrés à l'écologie tropicale et de deux articles consacrés à l'apport de l'étude des ADN en phylogéne et systématique paraît révélatrice de certaines tendances de l'écologie et de la systématique actuelles.

R. DAJOZ

C.S. LOBBAN, P.J. HARRISON, M.J. DUNCAN. — **The physiological ecology of seaweeds.** Un volume relié 242 pages, paru en 1985. Cambridge University Press. Prix : 30 livres. ISBN : 0-521-26508-8.

Cet ouvrage est consacré à l'écophysiologie des grandes algues marines fixées appartenant aux Chlorophycées, Rhodophycées et Phéophycées. Les sujets traités sont les suivantes : action de l'éclairement et photosynthèse ; rôle de la température ; rôle de la salinité ; rôle des mouvements de l'eau ; rôle des sels nutritifs ; le métabolisme ; influence des divers polluants ; les communautés d'algues littorales ; le développement et la morphogénèse des algues littorales ; enfin un court chapitre traite de la culture des algues.

R. DAJOZ

J.I. SPRENT. — **The ecology of the nitrogen cycle.** Un volume 151 pages, paru en 1987. Cambridge University Press. Prix : 22,5 livres. ISBN : 0-521-31052-0.

Les recherches consacrées au cycle de l'azote sont nombreuses. Elles se sont intensifiées depuis la mise en évidence de sources importantes de pollution (comme la pollution par les nitrates ou les pluies acides) pouvant modifier d'une façon considérable ce cycle de l'azote. L'avantage de ce livre est de prendre en compte et de synthétiser tous ces aspects du cycle de l'azote. La première partie présente les traits généraux du cycle de l'azote ; la deuxième partie est consacrée à la description du cycle de l'azote dans différents milieux : zones arides, toundra, forêts, tourbières, écosystèmes aquatiques. Enfin la dernière partie montre l'impact de l'homme et en particulier de l'agriculture.

R. DAJOZ

P.J. BEN BOER, M.L. LUFF, D. MOSSAKOWSKI, F. WEBER (éditeurs). — **Carabid beetles. Their adaptations and dynamics.** Un volume 551 pages, paru en 1986. G. Fischer édtteur, Stuttgart. Prix : 124 DM. ISBN : 3-437-30495

Dans ce volume sont réunies les communications présentées au Congrès international d'entomologie de Hamburg en août 1984. Les divers articles sont soit des mises au point se rapportant à des sujets déjà traités dans d'autres revues, soit des articles originaux. Les Coléoptères de la famille des Carabidae, qui sont bien connus au point de vue systématique, tout au moins hors des régions tropicales, ont fait l'objet depuis une trentaine d'années de nombreuses recherches très intéressantes en physiologie, écologie, biogéographie et il est possible de dire que ce groupe d'insectes est maintenant entré dans le domaine de la biologie générale. On pourra le constater en parcourant ce volume qui intéressera non seulement les entomologistes mais aussi les écologistes. Trois articles sont consacrés à l'étude des rythmes circadiens et à la recherche de «l'horloge interne» qui a été découverte dans le cerveau, au voisinage du troisième ganglion optique. Deux articles étudient la locomotion ; un article montre que l'adaptation au milieu aride chez certains Carabiques du Sahara a eu pour conséquence une spécialisation des larves qui subsistent uniquement aux dépens des fourmis. Deux articles sont consacrés au dimorphisme des ailes membraneuses et à sa signification écologique. Plusieurs articles traitent des cycles de développement et de la signification biologique des divers types rencontrés. Les processus de spéciation sont analysés au niveau des chromosomes ; une étude très détaillée analyse la différentiation écologique qui existe chez deux espèces de *Carabus* sympatriques des Pyrénées françaises ; un autre article montre le rôle qu'ont joué des barrières géographiques quaternaires dans la répartition géographique d'espèces vicariantes. Plusieurs articles sont consacrés à la dynamique des populations, les Carabiques ayant apporté des concepts nouveaux dans ce domaine. Trois articles consacrés aux modifications des peuplements de Carabidae sous l'action de l'homme terminent l'ouvrage. La conclusion est une synthèse intitulée «Carabids as objects of study» qui fait le point sur les diverses recherches physiologiques et écologiques entreprises sur les Carabidae.

Ce livre, par sa diversité, et souvent la nouveauté de son contenu, intéressera non seulement les entomologistes mais aussi tous les écologistes.

R. DAJOZ

P. FAY & C. Van BAALEN (éditeurs). — **The cyanobacteria.** Un volume XVI + 543 pages paru en 1987. Elsevier édtteur, Amsterdam et New-York. ISBN : 0-444-80840-X.

Les Cyanobactéries (anciennes «algues bleues») sont un groupe d'organismes primitifs qui jouent un grand rôle dans certains écosystèmes et dont la morphologie et la physiologie sont très remarquables. Des recherches intensives ont été réalisées sur les Cyanobactéries depuis une dizaine d'années et le but de ce livre de présenter une synthèse de ces travaux. La plupart sont consacrés à la biochimie, au métabolisme, à l'ultrastructure, à la génétique. D'autres ont une orientation écologique (par exemple : photomovement ; acclimatation to the natural light climate ; marine planctonic cyanobacteria ; organic geochemical aspects of cyanobacterial mats ; petroleum toxicity and the oxidation of aromatic hydrocarbons ; the biology of Rivulariaceae).

L'ensemble de l'ouvrage constitue une intéressante mise au point sur un groupe d'organismes originaux et encore peu connus

R. DAJOZ

M.R. ROSE. — **Quantitative ecological theory.** Un volume 203 pages paru en 1987. Croom Helm édtteur, London et Sidney. Prix : 10,95 livres. ISBN : 0-7099-2289-2.

Ce livre est consacré à la présentation de quelques modèles mathématiques classiques en écologie. Il présente les modèles décrivant la croissance d'une population ; les modèles de Lotka et Volterra sur la compétition ; les modèles de Lotka et Volterra sur la prédation et le modèle de Nicholson et Bailey sur le parasitismes ; les modèles traitant des interactions entre prédateurs et proies ; enfin les modèles consacrés aux populations qui subissent des migrations. Cet ouvrage clair et simple

peut servir d'introduction à l'étude de modèles écologiques plus complexes.

R. DAJOZ

Y. COHEN (éditeur). — **Applications of control theory in ecology**. Un volume VI « 101 pages, paru en 1987. Springer éditeur, Berlin. Prix : 28,5 DM. ISBN : 3-540-18104-0

Ceci est le volume n°73 dans la série «lecture notes in biomathematics». Il présente des modèles, avec leurs applications possibles, sur les cinq sujets suivants : modelling behavioral decisions of insects ; optimal reproductive strategies in annual plants ; applications of optimal impulse control to optimal foraging problems ; fur seal and blue whale : the bioeconomics of extinction ; predator-prey coevolution as an evolutionary game.

R. DAJOZ

W. ARTHUR. — **The niche in competition and evolution**. Un volume 175 pages paru en 1987. Wiley and Sons éditeur, Chichester. Prix : 22,5 livres. ISBN : 0-471-91615-3.

Le thème central du livre est l'étude de la compétition et de la niche écologique. Dans la première partie l'auteur montre que la compétition, en l'absence de mécanisme stabilisateur (tel que la différentiation des niches écologiques) conduit inévitablement à l'élimination de l'un des compétiteurs. Cette compétition peut se faire soit entre espèces différentes, soit entre génotypes différents de la même espèce. Ceci conduit soit à l'exclusion compétitive, soit à la sélection directionnelle. Dans la deuxième partie on montre que la différentiation des niches écologiques assure la coexistence des espèces à l'intérieur d'une guilde ou des divers génotypes à l'intérieur d'une espèce. Enfin la troisième partie étudie la coévolution et la compétition et leurs conséquences sur la structure des espèces et des guildes.

Tous ces thèmes sont illustrés à l'aide de nombreux faits d'observations et d'expériences de laboratoire.

R. DAJOZ

Organisation sociale chez les Invertébrés. — Un volume 222 pages paru en 1987. Colloques de l'INRA n°36. Éditions de l'INRA. Prix : 110 francs. ISSN : 0293-1915.

Cet ouvrage publié sous la direction de R. CAMPAN et de F. SPITZ rassemble une quinzaine de travaux français récents. Il résulte du colloque de la société française pour l'étude du comportement animal qui s'est tenu à Toulouse en décembre 1985. L'introduction par J.P. GAUTHIER est un «essai de définition des principes de l'organisation sociale». Trois grandes parties constituent l'essentiel de l'ouvrage. La première partie traite de «organisation et structure des groupes» avec des exemples choisis chez le chevreuil, le sanglier, le mouflon, l'isard et les Rongeurs. La deuxième partie «interactions et communications» prend des exemples chez les macaques, les bovins, la martre et le chevreuil. La troisième partie «utilisation de l'espace et des ressources» prend des exemples chez les babouins, l'aigrette garzette, le mulot, la poule et le sanglier.

Un article de conclusion traite de l'organisation sociale chez les fourmis et montre les différences qui existent, en ce qui concerne le fait social, chez les insectes et les vertébrés. «Peu de sociétés de vertébrés pourraient être qualifiées de sociétés vraies au vu des critères requis pour les sociétés d'insectes». L'auteur conclut que, dans l'avenir, «il est probable que l'analyse approfondie des processus qui font passer de l'individu à sa résultante collective qui est la société, devienne l'une des préoccupations majeures des chercheurs étudiant les sociétés animales».

R. DAJOZ

R.I.M. DUNBAR. — **Primate social systems**. Un volume 373 pages paru en 1987. Croom Helm éditeur, Londres et Sydney. Prix : 17,50 livres. ISBN : 0-7099-0888-1.

L'auteur part d'une constatation : il existe deux écoles, l'une qualifiée de «traditional socioecology» qui s'intéresse surtout à la recherche du déterminisme écologique des phénomènes sociaux ; l'autre qualifiée de «newer sociobiology» qui s'intéresse surtout au déterminisme génétique des comportements. Ce livre tente d'intégrer ces deux corps de théories en un ensemble cohérent, en faisant remarquer que cette démarche est valable non seulement pour les Primates, mais aussi pour les autres groupes zoologiques. Après une introduction générale sur les sociétés de Primates, les sujets suivants sont traités : Theory of reproductive strategies - Survival strategies - Demographic processes - Time budgets and other constraints - Evolution of grouping patterns - Mating strategies - Rearing strategies - Conflicts and coalitions - Mechanics of exploitation - Socioecological systems - Evolution of social systems

La bibliographie est abondante (41 pages) et non sélective. Tous les faits cités sont clairement présentés et discutés. Cet ouvrage apparaît comme une bonne mise au point sur les sociétés de primates.

R. DAJOZ

A. COCKBURN. — **Social behaviour in fluctuating populations**. Un volume XI + 239 pages, paru en 1987 Croom helm éditeur, London et Sydney. Prix : 30 livres. ISBN : 0-7099-3426-2.

Cet ouvrage appartient, comme le précédent, à la collection «Studies in behavioural adaptation» dans laquelle sont également parus : **Gulls and plovers : the ecology and behaviour of mixed-species feeding groupes**, *et* **Modelling in behavioural ecology : an introductory text.**

Le livre de A. COCKBURN est consacré aux populations de Vertébrés qui présentent des fluctuations d'abondance cycliques, et plus particulièrement aux Rongeurs du groupe des campagnols et de lemmings. Les variations d'abondance spectaculaires de ces animaux ont suscité beaucoup de recherches et les théories qui tentent de les expliquer sont multiples. Ce livre fait une sorte de mise au point en présentant les faits et les diverses théories, en les discutant. Finalement une nouvelle hypothèse est présentée qui fait intervenir le comportement social, l'agressivité, divers facteurs du milieu. La conclusion : «we must beware interpreting the ecology of a group of animals in terms of the single factor which to us is most conspicuous - in this case, density».

R. DAJOZ

Impacts de la structure des paysages agricoles sur la protection des cultures. Un volume 190 pages paru en 1986. Colloques de l'INRA n°36. Editions de l'INRA, Versailles. Prix : 95 francs. ISSN : 0293-1915.

Compte rendu d'un colloque Franco-polonais qui s'est tenu en septembre 1985, ce livre est consacré aux conséquences des techniques agricoles actuelles sur les peuplements d'animaux utiles ou nuisibles, et plus précisément des insectes, acariens et nématodes. Ce livre témoigne que «les effets sur le milieu des activités humaines font aujourd'hui l'objet d'une prise en compte de plus en plus grande»... Dans le cas de l'agriculture, «il est possible de rendre la protection des végétaux plus efficace en exploitant au mieux les potentialités offertes par les différentes structures du paysage agricole, grâce à la connaissance des processus écologiques qui s'y déroulent».

Le chapitre introductif donne de nombreux exemples des répercussions des systèmes agricoles sur les déprédateurs animaux. Ainsi la régression des cultures fourragères remplacées par des céréales a entraîné de fortes attaques du Lépidoptère *Cnephasia pumicana* sur le blé ; par contre l'emploi d'outils de travail du sol plus brutaux que jadis a provoqué une disparition quasi générale des hannetons ; le semis direct de graines monogermes de betteraves augmente la sensibilité de la culture aux ennemis souterrains tels que les taupins et les scutigerelles et conduit les agriculteurs à pratiquer systématiquement des traitements avec des pesticides polyvalents.

Les divers articles traitent de sujets très divers et intéressants dont voici quelques exemples : impact de la structure et du paysage agricole sur la distribution de la biomasse des phytophages et des prédateurs ; influence des conditions d'environnement et de culture sur deux ravageurs des cultures maraîchères, la mouche de la carotte et la teigne du poireau ; impact de la structure du paysage agricole sur la diversité et la densité des insectes pollinisateurs ; influence de l'agriculture et de l'industrie sur la distribution et la structure des communautés d'acariens ; influence des rotations et des variétés cultivées sur les populations de nématodes ; impact des rotations de culture sur la structure des populations épigées d'insectes, etc. Il y a en tout 17 articles qui font de ce volume un document très intéressant à consulter par tous ceux qui se préoccupent des conséquences des pratiques agricoles sur les populations animales.

R. DAJOZ

Comportement et effets secondaires des pesticides dans le sol. Un volume 330 pages, paru en 1985. Colloques de l'INRA n°31. Editions de l'INA, Versailles. Prix : 145 francs. ISBN : 2-85340-682-2.

«Nul ne niera la nécessité vitale des produits antiparasitaires pour élever la production agricole... Mais les produits phytosanitaires, les pesticides, comme toutes les armes, doivent être utilisés par des hommes responsables. Ils ne doivent y avoir recours qu'à bon escient, en pesant tous les risques».

C'est en grande partie à une évaluation de ces risques que ce livre est consacré.

La première partie est intitulée «comportement des pesticides dans le sol» ; la deuxième partie «effets des pesticides sur les cycles et la biomasse» ; la troisième partie «effets secondaires des pesticides sur la dynamique des populations et interactions avec les microorganismes» ; la dernière partie «effets secondaires des pesticides et interactions avec les animaux du sol». Le contenu de ce livre peut difficilement être résumé. Tous les écologistes intéressés par ces problèmes pourront en le consultant y trouver des données intéressantes.

Avec l'ouvrage mentionné ci-dessus (Impacts de la structure des paysages agricoles sur la protection des cultures) ce livre donne une bonne idée des problèmes écologiques que pose l'agriculture moderne.

R. DAJOZ

VIE DE LA SOCIÉTÉ
SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

SOMMAIRE

- Compte-rendu du Conseil du 20 novembre 1987.
- Assemblée générale 1987 (28 janvier 1988).
- Compte-rendu du Conseil du 28 janvier 1988
- Groupe «Écologie du paysage»
- Informations.
- Annonces de réunions et colloques.
- 5ème Symposium européen d'écologie.

COMPTE-RENDU DE LA RÉUNION DU CONSEIL DU 20 NOVEMBRE 1987
a 14 h, à l'E.N.S., 46 rue d'Ulm, 75005 PARIS

ORDRE DU JOUR :

Attribution du Prix Sauvage 1988 — Attribution du Prix de la Société d'Écologie 1988 — Organisation des journées de Janvier 1988 «Écologie et écophysiologie dans les milieux extrêmes», et fixation de l'ordre du jour de l'Assemblée Générale 1987 — Renouvellement du Conseil — Compte-rendu du Colloque de Sienne — Questions diverses

Membres présents : R. BARBAULT, P. BLANDIN, M. BOURNAUD, R. DAJOZ, L. EUZET, B. GILOT, C. GRENOT, P. GRISON, M. LAMOTTE, P. PESSON, M. RAPP, J.-A. RIOUX.

Membres excusés : F. de BEAUFORT, R. CARBIENER, J.-J. CORRE, R. DELPECH, B ELKAIM, C. GIRARD, R. GUYETANT, C. JEANSON, P. LEBRETON.

1. Le Président évoque la figure de Paul LOSSAINT, en rappelant le rôle éminent qu'il a joué dans l'Écologie française, puis demande au Conseil d'observer une minute de silence en sa mémoire. Une notice sera publiée dans le Bulletin d'Écologie.

2. Attribution du prix Sauvage 1988

Après une brève discussion, le Conseil décide à l'unanimité de proposer l'attribution au Professeur Jean-Marie GEHU, pour l'ensemble de son oeuvre, tant fondamentale qu'appliquée.

3. Attribution du prix de la Société d'Écologie

Un certain nombre de candidatures ont été proposées, mais tous les dossiers sont incomplets. Il est en conséquence décidé de procéder à un vote par correspondance, après envoi par le Secrétaire Général d'une présentation et d'un rapport pour chaque candidat.

4. Organisation des Journées de janvier 1988 et de l'Assemblée Générale

Le Secrétaire Général présente l'organisation provisoire des journées, avec l'ensemble des conférences prévues. Cette organisation devra être modulée pour regrouper au mieux les conférences concernant les Invertébrés le Vendredi 29 au matin, afin de faciliter la participation des Membres de la Société d'Entomologie.

Le Conseil adopte l'ordre du jour suivant pour l'Assemblée Générale :

1) Attribution du Prix Sauvage ; 2) Attribution du Prix de la Société ; 3) Rapport moral (Secrétaire Général) ; 4) Rapport financier (Trésorier) ; 5) Fixation du montant de la Cotisation annuelle et des tarifs d'abonnement au Bulletin d'Écologie pour 1989 ; 6) Résultats des votes pour le renouvellement du Conseil ; 7) Projets de la Société ; 8) Questions diverses.

5. Renouvellement du Conseil

Le Secrétaire Général fait état des candidatures reçues. Le Conseil approuve l'idée d'adresser, avec le matériel de vote, une présentation succincte des candidats, pour éclairer le choix des électeurs. Il se félicite des nombreuses candidatures reçues, qui témoignent de l'intérêt des membres de la Société pour la vie de celle-ci.

6. Compte-rendu du colloque de Sienne

La participation française a été significative, avec la présentation de plusieurs communications, dont une conférence générale par le Président et le Secrétaire Général. Ce Colloque a permis de développer les relations avec la Societa Italiana di Ecologia, ce qui devrait continuer avec la préparation du prochain Congrès Européen d'Écologie. Le Secrétaire Général représentera la Société aux réunions préparatoires.

7. Questions diverses

Le Secrétaire Général précise rapidement la position financière. Le Bulletin d'Ecologie a été particulièrement volumineux en 1987, d'où un surcroît obligeant à entamer les réserves. On attend toutefois le versement de 15 000 F de la subvention de la Région Provence-Côte d'Azur pour la publication des actes du Colloque de Marseille. Par ailleurs, à la date du Conseil, les dons reçus représentent — en dehors des cotisations — une sommes de 4 550 F. Au 18 novembre 1987, la Société comprenait 558 membres, dont 339 abonnés au Bulletin, et 200 laboratoires abonnés

Le Secrétaire Général informe le Conseil de l'avancement de la réflexion sur l'organisation du Colloque d'expression française. Un organigramme préliminaire est présenté. Le Conseil approuve le report de ce Colloque 1991, pour éviter toute interférence avec le Congrès Intecol de 1990.

Le Conseil approuve la proposition du Secrétaire Général de lancer des enquêtes sur le Bulletin d'Ecologie et sur les profils professionnels des membres de la Société, enquêtes qui seront diffusées en même temps que la convocation à l'Assemblée Générale.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE 1987 DU 28 JANVIER 1988 — PARIS —

ORDRE DU JOUR :

1. Attribution du Prix Charles Sauvage ; **2.** Attribution du Prix de la Société ; **3.** Rapport moral (Secrétaire Général) ; **4.** Rapport financier (Trésorier) ; **5.** Fixation du montant de la cotisation annuelle et des tarifs d'abonnement au Bulletin d'Ecologie pour 1989 ; **6.** Résultats des votes pour le renouvellement du Conseil ; **7.** Projets de la Société ; **8.** Questions diverses ; **9.** Allocution du Président.

L'Assemblée générale s'est tenue le 28 janvier 1988, au Muséum National d'Histoire Naturelle, de 14 h à 16 h. 67 membres sont présents ou représentés.

La séance est ouverte par le Président, M. LAMOTTE. Il évoque tout d'abord la mémoire de M. LOSSAINT, en évoquant le rôle joué par celui-ci dans l'Ecologie française et à la Société d'Ecologie, puis demande à l'Assemblée d'observer une minute de silence.

Le Président présente ensuite la proposition du Conseil pour l'Attribution du Prix Sauvage 1988. En sa séance du 20 novembre 1987, le Conseil unanime a proposé de décerner le Prix au Professeur Jean-Marie GEHU. Le Conseil a voulu ainsi honorer une activité particulièrement féconde dans le domaine de l'écologie végétale. Il a tenu à souligner le souci permanent de J.-M. GEHU de relier l'approche phytosociologique, qui permet des diagnostics rigoureux, aux problèmes de gestion du patrimoine naturel. Il a aussi retenu la volonté de J.-M. GEHU d'élargir l'analyse phytosociologique à l'échelle paysagère, lui permettant ainsi de contribuer à l'étude des problèmes d'aménagement Le Conseil a en outre été très sensible à la dimension internationale de l'action de J.-M. GEHU, menée notamment au travers de l'Amicale Internationale de Phytosociologie. Enfin, le Conseil propose d'honorer l'un des membres particulièrement actifs de la Société : J.-M. GEHU a en effet participé à nombre de manifestations de la Société, y apportant chaque fois une contribution originale et enrichissante.

Par acclamation, l'Assemblée générale ratifie la proposition du Conseil

Le Président donne ensuite la parole au Secrétaire Général, pour la proclamation du Prix de la Société d'Ecologie Le Secrétaire Général rappelle qu'une consultation par courrier a été organisée auprès des membres du Conseil, celui-ci n'ayant pas pu disposer de tous les dossiers lors de sa dernière réunion A la suite de cette consultation, il est proposé d'attribuer un premier prix (1.000 F et un abonnement gratuit de 3 ans au **Bulletin d'Ecologie**) à Gilles PINAY et un second prix (abonnement gratuit de 3 ans) à Philippe USSEGLIO-POLATERA.

Gilles PINAY a soutenu une thèse intitulée «Relations sol-nappe dans les bois riverains de la Garonne. Etude de la dénitrification». Cette thèse, sur le rôle des peuplements de la ripisylve dans l'épuration des eaux et plus particulièrement des nitrates, est d'actualité et présente un grand intérêt scientifique et écologique

L'auteur étudie au cours d'un cycle annuel, les caractéristiques physico-chimiques de la nappe et des eaux et un certain nombre de processus biologiques du sol, liés essentiellement à la dénitrification.

Le travail est un excellent exemple d'étude d'écologie causale sur le terrain. L'auteur utilise, en conditions stationnelles, des dispositifs classiques, ainsi que des montagnes spécialement conçus. Le suivi du terrain est complété par des tests de laboratoire, en conditions mieux contrôlées et optimalisées.

Dans son étude, M. PINAY intègre bien les deux volets qui devraient constamment faire l'objet des recherches écologiques : la saisie et le suivi des processus sur le terrain, leur quantification par rapport à des unités de références comparables (temps, surface, volume) et leur vérification ou leur approfondissement au laboratoire

Par ailleurs, les résultats obtenus ont un débouché pratique, non seulement dans le cas ponctuel étudié mais encore en vue d'une gestion plus écologique du problème, de plus en plus crucial, de l'élimination des excès de nitrate dans les nappes phréatiques.

Par les différents domaines couverts, par l'excellente approche, jumelant terrain et laboratoire, basée sur des techniques appropriées, ce travail très complet est un très bon modèle de recherche écologique

Philippe USSEGLIO-POLATERA s'est trouvé confronté à 25 années de relevés de piégeages lumineux effectués sur le Rhône à Lyon par un chercheur lyonnais (Mme Fontaine) Ces données, dont il n'a organisé la récolte que sur le deux dernières années, comportaient de nombreux manques, à la fois dans les années et dans les périodes saisonnières.

Philippe USSEGLIO a d'abord identifié à l'espèce près de 100.000 individus (43.000 Trichoptères et 51.000 Ephéméroptères). Compte tenu de l'objectif principal qui était de détecter les variations faunistiques à long terme ainsi que leurs causes, il a dû faire la part respective des variations faunistiques imputables :

1 — à la météorologie : temps journalier,

2 — aux cycles saisonniers : temps saisonnier,

3 — aux caractéristiques annuelles (hydrologiques et anthropiques) : temps annuel.

L'analyse de ces données a nécessité l'utilisation de méthodes originales, largement développées dans la thèse, dont la mise en oeuvre était encore difficile en 1985. La disponibilité d'une programmathèque d'analyse des données écologiques permet à l'auteur de publier maintenant les éléments de sa thèse sous une forme plus condensée et expressive, plus value nécessitant un travail supplémentaire

Les résultats, déjà divulgués au niveau de deux congrès et trois publications, sont précieux, étant donnée la rareté des suivis de grandes rivières sur une période aussi longue (25 années). On peut aussi saisir, à travers la faune, les changements à long terme d'un système. L'auteur présente d'ailleurs les possibilités de piégeage lumineux comme observatoire écologique.

Tout au long de son travail comme dans ses recherches complémentaires ultérieures, Philippe USSEGLIO a fait preuve d'une très grande minutie et d'une grande capacité de synthèse.

La proposition d'attribuer un premier prix à Gilles PINAY et un second prix à Philippe USSEGLIO-POLATERA est ratifiée par acclamation.

□■□

Le Président redonne ensuite la parole au Secrétaire Général pour la présentation du rapport moral.

RAPPORT
(le Secrétaire Général)

Mes chers Collègues,

Notre Société a été de nouveau particulièrement active en 1987, avec tout d'abord ses Journées de janvier, consacrées d'abord à l'Ecologie du paysage, puis à l'Ecotoxicologie. Nous avons ensuite participé au Colloque national de l'Association Française des Ingénieurs Ecologues (Bordeaux, mai), puis au Colloque national de la Società Italiana di Ecologia en octobre. Ce dernier a bien illustré le dynamisme de la Société italienne, par la variété des thèmes abordés au travers d'un grand nombre de communications et posters. Plusieurs conférenciers nord-américains et français avaient été invités, donnant une dimension internationale à cette manifestation.

Par ailleurs, la Société a patronné le Colloque international organisé à Paris, en novembre, par le Secrétariat de la Faune et de la Flore sur le thème «Utilisation des inventaires informatisés d'invertébrés pour l'identification et la surveillance d'espaces de grand intérêt faunistique». Enfin, j'ai représenté la Société au Colloque national «Observatoire écologique de la Basse Vallée de la Doller, bilan et perspectives», organisé en décembre à Mulhouse par le Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement de l'Est et le Service des Etudes Techniques des Routes et Autoroutes.

Enfin les présentes journées, sur le thème «Ecologie et écophysiologie dans les milieux extrêmes», ont été organisées avec l'aide de F. JOUVENTIN et de Cl. GRENOT, que je remercie vivement ici, ainsi que les conférenciers et auteurs de posters. Une meilleure gestion du calendrier aurait sans doute permis de mieux organiser ces journées, et notamment d'obtenir une participation plus nombreuse. A l'avenir, il faudra revoir ces problèmes, si l'on veut conférer à nos réunions une organisation plus satisfaisante.

En ce qui concerne les effectifs de la Société et des abonnés au **Bulletin d'Ecologie**, on peut retracer leur évolution depuis deux ans de la façon suivante :

	janvier 1986	janvier 1987	janvier 1988
Membres non abonnés	148	204	226
Membres abonnés	313	331	333
TOTAL	461	535	559
Laboratoires abonnés	181	187	200

On note en 1987 une légère progression du nombre des membres, les adhésions faisant plus que compenser les départs. Les abonnements individuels ont globalement peu progressé, tandis que ceux des laboratoires ont significativement augmenté. Ceci mérite d'être souligné, quand on sait les difficultés budgétaires que beaucoup rencontrent. Au total, 1987 a été à nouveau une année de croissance ; on peut espérer qu'il en sera de même en 1988, notamment avec la création d'un groupe «Ecologie du Paysage».

Le **Bulletin d'Ecologie** a publié en 1987 un nombre de pages — trop — important. Le fascicule 4 du tome 18, routé à la fin de janvier 1988, est également volumineux. Tout ceci tient d'une part à la publication des importants actes du colloque de Marseille — t. 18 (2) —, d'autre part à ce que de nombreux articles avaient été acceptés parfois depuis assez longtemps : il était difficile d'en retarder davantage la parution.

Les problèmes financiers qui en résultent seront discutés tout à l'heure. On doit aussi discuter la politique éditoriale suivie, ce qui va être plus facile après avoir pris connaissance des premiers résultats de l'enquête sur le Bulletin décidée au Conseil du 20 novembre dernier.

A la date du 17 janvier 1988, 200 réponses ont été reçues soit un taux de retour de près de 40 %, ce qui est assez satisfaisant. Le tableau ci-après rassemble les résultats obtenus.

A première vue, les résultats semblent traduire la satisfaction d'une majorité de lecteurs. Cependant, une proportion significative d'entre eux (plus de 30 %) souhaite améliorer le niveau de la revue, même parfois s'ils le jugent déjà bon. En revanche, certains lecteurs, tout en considérant le niveau comme moyen, ne souhaitent pas accroître la sévérité du Comité de lecture.

La demande d'articles de synthèse est très forte, mais on sait combien il est difficile d'y répondre. La publication de fascicules thématiques ou d'actes de colloques — ce qui souvent revient au même — est dans l'ensemble bien perçue. Les rubriques «résumés de thèses» et «analyses d'ouvrages» sont appréciées, tandis qu'une majorité demande le développement de la tribune.

L'introduction éventuelle d'articles en langues étrangères est acceptée par une nette majorité, mais plus d'un tiers s'y oppose. Beaucoup estiment qu'il faut se limiter à l'anglais, langue qui au total recueille le maximum de suffrages.

Devant ces résultats, nous nous trouvons face à des choix importants à faire pour l'avenir du **Bulletin d'Ecologie**. Il en est de même pour nos autres activités. Il est en particulier souhaitable d'améliorer sensiblement l'organisation de nos réunions, ce qui signifie un allourdissement du travail. Le problème va se poser pour 1989, si nous voulons par exemple marquer les 20 ans de notre Société par une manifestation importante.

Tels sont les problèmes que je livre maintenant à la discussion.

*

La présentation des résultats de l'enquête sur le Bulletin a donné lieu à un large débat. Leur interprétation doit rester prudente, car on ne dispose pas de l'avis de plus de la moitié des abonnés. Le problème du «niveau» est controversé, les uns étant à peu près satisfaits de la situation actuelle, les autres pensant qu'une amélioration sensible est indispensable. Un accord s'est dessiné pour une politique éditoriale prudente, recherchant peu à peu une plus grande exigence du Comité de lecture, mais en évitant de provoquer des à-coups dans le flux d'articles acceptés. En ce qui concerne l'introduction des langues étrangères, un consensus s'est dégagé pour admettre que des auteurs étrangers puissent publier dans leur langue, à condition qu'un résumé en français soit fourni. MM. BLANDIN et DAJOZ étudieront une nouvelle rédaction des instructions aux auteurs.

A l'issue de la discussion, le rapport moral est adopté à l'unanimité.

RAPPORT DU TRÉSORIER

Le trésorier, François de BEAUFORT, présente le rapport financier pour l'année 1987 ; celui-ci est examiné par deux commissaires aux comptes désignés pour l'année à venir par l'Assemblée Générale : Mme BELLAN et Mme POINSOT-BALAGUER qui font un rapport favorable à son adoption.

Le trésorier expose les principales caractéristiques de la situation de l'année écoulée (cf. tableau joint).

La publication de 472 pages de bulletin, au lieu des 264 pages dues aux abonnés (400 pages de l'ancien format), a entraîné un surcroît de dépense de près de 120.000 F, s'ajoutant à un déficit chronique du bulletin. Il est souligné que le bulletin devrait dans la mesure du possible être aidé par un numéro spécial annuel bénéficiant d'une aide exceptionnelle à sa publication ; toutefois les réserves gérées et placées ont permis d'éponger facilement nos engagements de publications scientifiques exceptionnelles en 1987, dont les actes du colloque franco-italien de Marseille, et plusieurs articles en attente.

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES DE L'ENQUÊTE SUR LE BULLETIN D'ÉCOLOGIE (200 réponses)

CONTENU	suffisamment varié 67 %		pas assez varié 22 %	pas de réponse 11 %
NIVEAU	à peu près régulier 83 % bon 40 % · moyen 37,5 % · faible 2 % · non précisé 3,5 %		très irrégulier 8,5 %	pas de réponse 8,5 %
SÉVÉRITÉ DU COMITÉ DE LECTURE	ne pas augmenter 54,5 %		augmenter 32,5 % progressivement 23 % · rapidement 8 % · non précisé 1,5 %	pas de réponse 13 %
ARTICLES DE SYNTHÈSE	en souhaitant davantage 78 %		n'en souhaitant pas plus 15,5 %	pas de réponse 6,5 %
FASCICULES THÉMATIQUES	souhaitables 84 % 1/an 65 % · 1/an 10 % · 2/an 5,5 % · non précisé 3,5 %		à éviter 11 %	pas de réponse 5 %
PUBLICATION DE COLLOQUES	acceptable de temps à autre 61 %	souhaitable 28,5 %	à éviter 6,5 %	pas de réponse 4 %
RÉSUMÉS DE THÈSES	utiles 47 %	très utiles 45,5 %	superflus 3 %	pas de réponse 4,5 %
TRIBUNE	développer 65 %	maintenir 4,5 %	supprimer 6,5 %	pas de réponse 24 %
ANALYSES D'OUVRAGES	utiles 55 %	très utiles 44 %	superflues 3 %	pas de réponse 3 %
INTRODUCTION DE LANGUES ÉTRANGÈRES	oui 61 % dont anglais 95,1 %, espagnol 45,9 %, allemand 37,7 %, italien 34,4 %		non 34,5 %	pas de réponse 4,5 %

Aucune subvention n'a pu être perçue au titre de l'exercice de 1987, ce qui pourra être compensé sur l'exercice 1988 sur lequel seront imputées la subvention de la Région PACA au colloque de Marseille (15.000 F) et une subvention dont l'affectation par le Ministère de l'Environnement a été retardée ; on note également un retard de remboursement de la TVA.

La convention de recherche relative aux bioindicateurs a rapporté 47.401,47 F du fait de la publication du numéro spécial du Bulletin (P. BLANDIN, n°17-4).

Les placements de la Société n'ont été exposés à aucun risque du fait d'un changement des types de titres avant l'été 1987, et donc les difficultés de la Bourse n'ont pas eu de répercution.

Les dons des membres de la Société ont atteint la somme de 4.880 F ; rappelons que des reçus sont adressés à cet effet, au même titre que pour les cotisations. Conformément à la décision du Conseil, la liste des Donateurs est fournie ci-après.

D'une façon générale, la situation financière de la Société reste favorable avec une indispensable «réserve» de 201.000 F, actuellement placée à taux fixe et à terme, et qui autorise une certaine souplesse de trésorerie dans la conduite des activités de la Société.

Le rapport du Trésorier est adopté à l'unanimité par l'Assemblée générale.

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Assemblée Générale du 28 janvier 1988

RAPPORT FINANCIER

Comptes du 01.01.1987 au 31.12.1987

COMPTE-COURANT C.C.P.

RECETTES		DÉPENSES	
Abonnements et ventes	121.444,53 F	Bulletin : impression et routage	210.393,27 F
Cotisations + Dons	32.404,70 F	Secrétariat : personnel	51.742,74 F
Convention de recherche (Bull.17/4)	47.401,47 F	Secrétariat : fournitures, frais d'expédition	8.858,45 F
Vente de SICAV	51.000,00 F	Frais de réunion	1.130,00 F
		Frais banquaires	402,10 F
Total Recettes	252 250,70 F	«Prix de la Société»	1.000,00 F
		Total Dépenses	273.526,56 F
AVOIR C.C.P. au 01.01.1987	40.786,59 F		
TOTAL	293.037,29 F	Avoir C.C.P. au 31.12.1987	19.510,73 F
		TOTAL	293.037,29 F

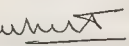
COMPTE-COURANT B.N.P.

Solde créditeur au 31.12.1987 ..... 5.960,42 F

PLACEMENT : Dépôt à terme d'1 an

Valeur du capital au 31.12.1987 ..... 201.000,00 F

Le Trésorier
F. de BEAUFORT



Les Commissaires aux comptes

Mme BELLAN-SANTINI

Mme BALAGUER

LISTE DES DONATEURS

P. ATACHI, F. ATHIAS-BINCHE, P. BLANDIN, M. BONNEAU, A. CHALIER, F. CHARNET, A. DELELIS, P. ELIE, B. FROCHOT, O. GUELORGET, G. HOUPERT, J. JUGET, A. LE BRECH-GEORGES, G. LEMÉE, G. MAURY, D. MOUSAIN, P. NIVAL, P. PESSON, H. RAYMOND, G. RICOU, J. RIOUX, B. SOUCHIER, G. VATTIER-BERNARD.

FIXATION DU MONTANT DE LA COTISATOIN ET DE L'ABONNEMENT AU BULLETIN D'ÉCOLOGIE POUR 1989

Le Secrétaire Général présente plusieurs «scénarios» possibles. La discussion fait apparaître que le niveau actuel de la cotisation (60 F) est très modeste, par comparaison avec les cotisations dans bien d'autres Sociétés. En conséquence, l'Assemblée générale décide à l'unanimité de porter la cotisation à 80 F pour 1989

En ce qui concerne l'abonnement individuel au Bulletin d'Écologie, l'enquête a donné les résultats suivants, sur les 200 réponses reçues :

1) Accepteriez-vous un accroissement de votre abonnement 1989 ?

Abonnés individuels (137)

OUI : 110, soit 80,3 %

NON : 24, soit 17,5 %

pas de réponse : 3

Abonnés par leur laboratoire (16)

OUI : 9

NON : 3

pas de réponse : 4

Non abonnés (47)

OUI : 11

NON : 5

pas de réponse : 31

Répartition des 130 «OUI»

30 F : 69

50 F : 43

70 F 11

non précisé : 7

2) Accepteriez-vous un effort supplémentaire pour accroître le nombre de pages publiées annuellement ?

pas de réponse	:	57	répartition des «OUI»
NON	:	91	80 F : 34
OUI	:	52	105 F : 13
			130 F : 2
			180 F : 3

Ces résultats témoignent de la volonté, pour une large majorité des abonnés, de soutenir leur revue, ce qui est extrêmement encourageant.

La discussion met en évcidence que le niveau actuel (220 F) de l'abonnement individuel est relativement modeste, lui aussi, par rapport à d'autres revues de Sociétés. L'Assemblée propose donc de porter l'abonnement à 260 F ou même 270 F. Il reviendra au Bureau de fixer le montant définitif en tenant compte de l'accroissement prévisible des coûts de fabrication et de distribution.

RENOUVELLEMENT DU CONSEIL

Onze postes de Conseillers étaient à pourvoir. Dix-neuf candidats se sont présentés, qu'il faut remercier vivement d'avoir ainsi manifesté leur volonté de participer activement à la vie de la Société. Les résultats du scrutin sont les suivants :

Votants : 209

Blancs ou nuls : 12

Exprimés : 197

Ont obtenu :

F. RAMADE	165	élu	G. JACQUES	88	
P. TREHEN	141	élu	B. GILOT	86	
R. BARBAULT	129	élu	M. LEPAGE	74	
P. OZENDA	115	élu	A. DELELIS	74	
H MAURIN	115	élu	R. GUYETANT	72	
P. LAGAUTERIE	112	élu	B. DE FOUCAULT	70	
R DELPECH	112	élu	G. MAURY	64	
J. CANCELA			O. GUELORGET	51	
DA FONSECA	111	élu			
S. MULLER	107	élu			
G. PAUTOU	103	élu			
C GRENOT	91	élu			

PROJETS DE LA SOCIÉTÉ

Le Secrétaire Général rappelle que le Conseil a reporté à 1991 la tenue du Colloque international d'Écologie d'expression française initialement prévu en 1990, afin d'éviter toute interférence avec le Colloque INTECOL. Il suggère qu'en 1989, à l'occasion du 20e anniversaire de la Société, des manifestations plus importantes que les Journées annuelles soient organisées. Le problème sera étudié avec le Conseil. Enfin, il est rappelé que le prochain Symposium Européen aura lieu en 1989 en Italie. Il est souhaitable que la Société y participe activement.

*

En l'absence de questions diverses, l'Assemblée générale est clôturee par M LAMOTTE, Président sortant. Le texte de son allocution sera publié ultérieurement. La séance est levée à 16 H

COMPTE-RENDU DE LA RÉUNION DU CONSEIL DU 28 JANVIER 1988
à 16 h, au Muséum National d'Histoire Naturelle

ORDRE DU JOUR :

Élection aux postes vacants du Bureau

Membres présents : MM. de BEAUFORT, BELLAN, BLANDIN, BOURNAUD, CANCELA DA FONSECA, CORRE, DELPECH, GRENOT, LAGAUTERIE, LAMOTTE, MAURIN, MULLER, PESSON, OZENDA, RAPP, RIOUX, TESTARD, TOUFFET, TREHEN.

Excusés : MM. BARBAULT, CARBIENER, ELKAIM, EUZET, Mme JEANSON, M. PERTHUISOT, Mme RICOU

M. PESSON, en tant que Président honoraire, propose que M LAMOTTE, Président sortant, soit élu Président honoraire, proposition que le Conseil adopte par acclamation.

M. PESSON fait alors remarquer que la Présidence a été confiée deux fois de suite à des représentants de l'Écologie animale, M. LAMOTTE et lui-même, tous deux parisiens. Il lui semble donc souhaitable d'appeler à la Présidence un Collègue de province représentant l'Écologie végétale et avance le nom de M. OZENDA.

Après une brève discussion, au cours e laquelle M. OZENDA exprime son souhaite de voir la Société se développer et le **Bulletin d'Écologie** croître en qualité et en audience, il est procédé à un vote à bulletins secrets, à la demande de M. OZENDA. Le résultat en est :

M. OZENDA	15 voix
M. TREHEN	1 voix
Votes blancs	2 voix
Abstention	1 voix

M. OZENDA est élu Président pour la période 1988-1991.

M. PESSON avance ensuite le nom de M. RAMADE, venu en tête des élections du Conseil, pour le poste de 1er Vice-Président. Le nom de M. TREHEN est également suggéré, mais celui-ci affirme ne pouvoir présentement assumer cette responsabilité, compte-tenu de ses charges. Le vote donne :

M. RAMADE	14 voix
M. BELLAN	3 voix
M. TOUFFET	1 voix
Abstention	1 voix

M. RAMADE est élu Premier Vice-Président pour la période 1988-1991.

Pour le poste de 2e Vice-Président, M PESSON propose M BELLAN, en particulier pour exprimer la reconnaissance de la Société à l'un de ses membres particulièrement actifs, organisateur du colloque Franco-italien de Marseille. Le vote donne :

M. BELLAN	13 voix
M. TOUFFET	2 voix
Mme JEANSON	1 voix
M. LAGAUTERIE	1 voix
Votes blancs	2

M. BELLAN est élu Deuxième Vice-Président pour la période 1988-1989 (au terme de laquelle il sera sortant non immédiatemetn rééligible).

Enfin, le poste de Trésorier-Adjoint est à pouvoir. Le Secrétaire Général souligne que M de BEAUFORT sortira à la fin de 1989 et suggère que M. MAURIN, collaborateur de M. DE BEAUFORT, soit élu comme adjoint. Cela permettrait d'assurer la continuité administrative de la Société, grâce à l'accueil du Secrétariat de la Faune et de la Flore. Le vote donne .

M. MAURIN	18 voix
Abstention	1 voix

M. MAURIN est élu Trésorier Adjoint pour la période 1988-1991.

La séance et levée à 16 h 30.

GROUPE «ÉCOLOGIE DU PAYSAGE»

Lors de la réunion annuelle de la Société d'Écologie à Paris, le 29 janvier 1988, il a été décidé de créer, au sein de la Société un groupe «ÉCOLOGIE DU PAYSAGE», affilié à INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR LANDSCAPE ECOLOGY (IALE), ouvert aux collègues francophones.

Pour tout renseignement, contacter :

Françoise BUREL
Université de Rennes I
Laboratoire d'évolution des Systèmes naturels et modifiés
Campus de Beaulieu
35000 RENNES

MODALITÉS D'ADHÉSION

— Remplir un bulletin d'inscription/questionnaire conforme au modèle ci-dessous.

— L'adhésion au groupe est indissociable de l'adhésion à la Société d'Écologie.

— Une seule cotisation est due, à payer à

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE
C/O Secrétariat de la Faune et de la Flore
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
57, rue Cuvier
75231 PARIS Cedex 05

Le montant de la cotisation pour 1988 a été fixé à 80 FF, dont 50 F seront affectés au Groupe «ÉCOLOGIE DU PAYSAGE» sur un compte distinct de celui de la Société d'Écologie, pour faciliter la gestion. Ces 50 F donneront droit au bulletin périodique de IALE.

En ce qui concerne les Membres de la Société ayant déjà versé leur cotisation 1988 (60 F) et qui s'inscrivent au Groupe, la Société affectera à celui-ci les sommes correspondantes, mais il est demandé à chacun de compléter si possible sa cotisation par un paiement de 20 F.

Remarque du Secrétariat Général

Il semble normal d'avoir pour principe l'existence d'une seule cotisation pour tous les membres de la Société, quels que soient les groupes de travail auxquels ils s'inscrivent. Selon le mode de fonctionnement des Groupes, il peut être utile ou non de leur affecter un budget, le cas échéant sur un compte particulier.

Dans le cas du Groupe «ÉCOLOGIE DU PAYSAGE», l'adhésion de ses membres à IALE, qui est essentielle au développement des contacts internationaux, induit toutefois un coût supplémentaire, correspondant au service du Bulletin de IALE. C'est pourquoi la cotisation totale a été fixée, lors de la réunion du 28 janvier 1988, à 80 F, soit 20 F de plus que la cotisation 1988. Cette solution a paru plus raisonnable que de demander de payer une cotisation de 50 F au Groupe en plus de la cotisation à la Société. Il est en effet normal que la cotisation de la Société couvre les frais induits par l'activité de ses Groupes de travail. Ce point de vue mérite toutefois discussion, et le Secrétariat Général serait heureux de recevoir toutes suggestions à ce sujet, en vue d'éclairer un débat à mener dans un premier temps au sein du Conseil

BULLETIN D'INSCRIPTION/QUESTIONNAIRE

NOM ..... Prénom .....

Age ..... Fonction .....

Adresse personnelle .....

.....

Souhaitez-vous participer à un groupe spécialisé, lequel ? (parmi ceux déjà existant au sein de IALE, ou un autre à créer) (voir liste de sgroupes de IALE ci-dessous). .....

.....

.....

Qu'attendez-vous du groupe «ÉCOLOGIE DU PAYSAGE» ? .....

.....

.....

GROUPES SPÉCIALISÉS DE IALE

1. ECOLOGICAL INFRASTRUCTURE

Dr. P.F.M. Opdam
Research Institute for Nature Management
P.O. Box 46
3956 ZR LEERSUM
The Netherlands

Drs. A F. Van de Klundert
Rijksplanologische Dienst
Willem Witsneplein 6
2594 BK DEN HAAG
The Netherlands

2. LANDSCAPE ECOLOGIE OF AGRO-ECOSYSTEMS

Dr. H. Gulinck
Universiteit Leuven
Faculteit der Landbouwwetenschapen
Kardinaal Mercierlaan 92
3030 LEUVEN
Belgium

3. ECOLOGY OF THE RHINE CATCHMENT AREA

Drs. R.H.G. Jongman
Dept. of Urban and Regional Planning
Agricultural University
Gen. Foulkesweg 13
6703 BJ WAGENINGEN
The Netherlands

4. COASTAL MANAGEMENT

Drs J. Visser
Rijkswaterstaat Deltadienst
Environmental Div.
Postbus 439
4330 AK MIDDELBURG
The Netherlands

5. URBAN ECOLOGY

Prof. T. Bartkowski
Institute of Physical Geography
A. Mickiewicz University
ul. Dolna Wilda 34 A m 9
61552 Poznan
Poland

6. GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

Dr. R.G.H Bunce
Institute of Terrestrial Ecology
Merlewood Research Station
Granges over Sands
Cumbria LA 11 6JU
England

7. ECOLOGY OF THE DANUBIAN CATCHMENT AREA

Prof. H. Marinov
Danubian Laboratory and Laboratory of Ecology
HIFE «D.A. Tsenov» - 5250 Svishtov
Bulgaria

8. DESERT ECOLOGY

Dr. Linda Olsvig-Whittaker
Mitrani Center for Desert Research
Ben Gurion University of the Negev
Sde Boqer Campus
Israel 84 990

CHRONIQUE

UN COLLOQUE SUR LE PAYSAGE A NEUVIC (CORRÈZE) LES 19 ET 20 JUIN 1987

THÈME GESTION DU PAYSAGE EN ZONE RURALE DE MOYENNE MONTAGNE

Ce colloque a été organisé dans le cadre de l'Année Européenne de l'Environnement au «Pays de l'arbre et de l'eau».

Pourquoi à Neuvic ? Parce que le Lycée Agricole est le seul etablissement, en France, qui forme des Techniciens Supérieurs spécialisés en Protection de la Nature. L'équipe des Professeurs du BTS et la DRAE Limousin tenaient à promouvoir une réflexion sur l'évolution des paysages en fonction des concepts d'aménagement, d'environnement, et des pratiques agricoles et forestières. Ces concepts et ces pratiques, sans cohérence entre eux, et même souvent antagonistes, entraînent une dégradation de paysages jusqu'alors en harmonie avec le developpement des pays.

L'introduction de critères paysagers est indispensable et pourrait même servir à globaliser l'aménagement qui est jusqu'alors conçu dans des directions très diverses, selon que l'on est aménageur de l'aministration ou de sociétés, élu local, spécialiste de la protection de la nature, ou tout simplement habitant à temps complet ou résident secondaire !

C'est la raison pour laquelle les conférences et les débats ont été sous-tendus par 4 thèmes :

— Perception et historique évolutive,

— Scénarios, prospective de prise en compte dans les schémas d'aménagement.

— Aspect politique, prise en compte par les collectivités.

— Synthétiquement, comme voir l'avenir ?

Sans se livrer à un exercice de compte-rendu, il me paraît plus opportun de faire ressortir un certain nombre d'idées et de réflexions qui m'ont intéressée. Les Actes, qui seront publiés, retraceront plus fidèlement les interventions et leur chronologie.

POURQUOI LE TERME «GESTION» ?

Il apparaît que le terme «protection» est dépassé, parce que figé dans le temps et, en ce sens, mal considéré

Son emploi n'a pas été discuté jusqu'à la fin du Colloque où un intervenant du Ministère de l'Environnement l'a remis en cause. Il a évoqué un certaine motivation du public, la nécessité de lui faire exprimer ses préférences avant de se situer au niveau de la gestion. Gérer de vastes paysages suppose l'adoption de contrats de gestion. On n'en est pas là en France !

Il a cependant été souligné que la disparition de 30 à 40 % des agriculteurs dans les 5 ans à venir va poser le problème de l'entretien du paysage. Gérer la déprise !

La notion de paysage-patrimoine est périmée, ce qui exclut le terme «protection». La gestion dynamique va s'adresser autant à des paysages existants qu'à ceux qui vont être créés.

En conclusion, il est toutefois certain que l'incapacité à maîtriser l'ensemble des problèmes posés par le paysage est la preuve que la gestion est encore un concept abstrait

LE PAYSAGE, DONNÉE CULTURELLE ET NON NATURELLE

Il ressort des intéressantes communications sur l'historique de la notion de paysage, sur son mode de perception façonné par l'évolution des civilisations, que la dimension esthétique doit être prise en compte dans l'aménagement.

Le paysage est notre mémoire collective. On en découvre l'intérêt parce qu'il est menacé et que le développement local ne prend pas en compte le vécu culturel. Il est devenu un enjeu de société.

Traiter de l'intérêt visuel du paysage, sous-entend que sa valeur écologique et ses potentialités biologiques s'expriment au travers de cette perception.

SA FONCTION DANS LE DÉVELOPPEMENT LOCAL

Les locomotives du développement pensent que le paysage ne sert à rien.

Certains partenaires veulent le garder parce qu'il leur plaît : réponse culturelle. D'autres parce qu'il attire les touristes : réponse économique.

Il éveille cependant un sentiment d'identité locale ; c'est la mémoire et la carte d'identité du pays. Comme les groupes d'habitants sont de plus en plus hétérogènes, la perception l'est aussi et l'aménagement devient le conflit des cultures. Pour retrouver un consensus culturel, le paysage est un bon outil. Il crée un dialogue, c'est le lien concret où la diversité des langages peut s'exprimer.

Au contraire, les projets qui viennent de l'extérieur ne suscitent jamais une dynamique. Ainsi, l'auteur de cette excellente étude qualifie la base de loisirs de «verrue dans le pays, conçue pour des extra-terrestres qui viennent passer un mois, coupés de la vie du pays, mais qui coûtent cher aux habitants».

SON AMÉNAGEMENT ET SON ENTRETIEN

Aménager, entretenir, restaurer, exige une méthodologie.

L'aménagement doit s'insérer dans le site. La SOMIVAL a présenté sa méthodologie propre, en citant des exemples pris dans le Massif central et le Limousin. Elle a fait ressortir les paramètres à considérer, les difficultés à surmonter, les financements à prévoir lorsqu'une municipalité veut, par exemple, intégrer un terrain de camping à un site de qualité.

La Mission du Paysage a largement présenté les problèmes liés à la réglementation et à son passage à la prise de conscience réelle de la valeur des paysages. Or, la motivation du tourisme en France est précisément leur étonnante diversité. Il faut revoir les outils pour de bonnes négociations avec les collectivités locales.

Il ne faut pas oublier que le tourisme c'est 1.500.000 emplois. Dans toutes les régions défavorisées, entretien et restauration des paysages sont à l'ordre du jour. Mais la restauration ne peut être valable qu'à partir des éléments existants, autour d'un point sensible aux habitants ; il faut retrouver la logique agricole qui a fait la valeur de nos paysages.

Les discussions qui ont fait appel à des données historiques, philosophiques, et techniques notamment de la part du CEMAGREF, étaient organisées autour de constatations réelles qui, en fait, ont été peu abordées mais que la Fédération Française des Sociétés de Protection de la Nature se devait de souligner :

— La dégradation des paysages par de nombreux aménagements ;

— Les effets de la décentralisation et les nouveaux pouvoirs des élus locaux ;

— Les élus du maintien des agriculteurs en place pour assurer l'entretien des paysages qu'ils ont créés.

Or, il nous apparaît qu'on veut oublier ces derniers dans les nouvelles données de l'aménagement rural et qu'une certaine volonté existe dans ce sens, malgré les déclarations officielles. Cela nous semble aller exactement à l'encontre des mesures prises en Europe, selon les directives de Bruxelles. Affaire à suivre

Germaine RICOU

INFORMATIONS

GROUPE D'ÉTUDE DES MILIEUX ESTUARIENS ET LITTORAUX «G.E.M.E.L.»

Nous vous signalons l'existence de ce groupe, qui contribue à la diffusion de l'information et à diverses actions dans le domaine de l'écologie littorale. Pour tous renseignements :

Secrétariat du G.E.M.E.L.
115, quai Jeanne d'Arc — 80230 SAINT-VALERY-SUR-SOMME

*

* *

ÉDITIONS DE L'I.A.S.B.S.E.

(Institut d'Analyse des Systèmes Biologiques et Socio-Économiques
Université Claude Bernard - Lyon I)
43, boulevard du 11 novembre 1918
F — 69622 VILLEURBANNE CEDEX

L'I.A.S.B.S.E., dirigé par le Professeur J.M. LEGAY, développe une politique d'édition, marquée notamment par la publication, en 1987, des Actes du Colloque «Biologie des Populations», organisé à Lyon en septembre 1986, avec le soutien du C.N.R.S. et de l'I.N.R.A.

L'ouvrage (X + 699 pages) constitue un document d'une grande richesse, qui contient les textes ou résumés de plus de 100 communications et de près de 40 «posters». Outre des séances plénières ayant donné lieu à 25 communications d'intérêt général, sept séances spécialisées ont été consacrées aux thèmes suivants :

— Hôtes/Parasites, systèmes complexes ;

— Biologie des populations et agronomie ;

— Diversité génétique ;

— Stratégies adaptatives ,

— Modalités de la reproduction et génétique des populations ;

— Fluctuations et régulation des populations ;

— Structures de socialité, comportements et Biologie des Populations

Il n'est pas possible d'analyser ici, en quelques lignes un ouvrage aussi diversifié. Il témoigne de la vitalité de la Biologie des Populations en France. Comme l'écrit J.M. LEGAY, Organisateur du

Colloque : «La Biologie des Populations implique des collaborations très diverses, et tout particulièrement dans le domaine méthodologique. Mais en même temps, elle est devenue indispensable aux progrès de nombreuses disciplines ; de l'éthologie à l'épidémologie, de la biologie moléculaire à l'agronomie, bien des résultats sont interprétables sans les concepts et les connaissances de la Biologie des Populations».

Ceci doit suffire à convaincre tout écologue que le volume des Actes du Colloque de Lyon constitue un ouvrage de référence indispensable.

*

Pour tout renseignements concernant la commande de ce livre, s'adresser à l'I.A.S B.S.E., tél. : 78.89 81.24, poste 33 17

*

* *

L'AMICALE INTERNATIONALE DE PHYTOSOCIOLOGIE

L'Amicale internationale de Phytosociologie, créée en 1970 a été officialisée en 1982 sous la forme d'une association internationale de droit français (loi 1901). Elle compte en 1986 550 membres représentant 28 pays. Les pays dont le nombre de membres est suffisant sont représentés au Conseil d'administration par des sections «régionales» comportant au moins un vice-président et un secrétaire. L'Amicale a son siège à la Station de Phytosociologie, Haendries, F-59270 BAILLEUL (Secrétariat général, Prof. Dr. J.-M. GEHU)

Elle a pour objet de promouvoir et de développer, dans un climat d'amitié, toute initiative visant à la connaissance de la végétation spontanée sous tous ses aspects tant en elle-même que dans ses relations avec les autres constituants de la biosphère.

Pour y parvenir elle utilise tous les moyens qu'elle juge opportuns : publication de périodiques, articles, tracts, organisation de colloques, rencontres, séminaires et sessions d'études sur le terrain.

Elle travaille en liaison étroite avec les Universités, les collectivités territoriales, les administrations et les forces économiques, sociales ou culturelles, qu'elles soient publiques ou privées, régionales, nationales ou internationales.

Son champ d'action englobe, sans que la liste soit limitative :

— la mise en évidence des unités phytosociologiques de végétation, l'étude de leur répartition géographique et leur cartographie ;

— les recherches phytosociologiques fondamentales et appliquées, notamment à la conservation et à la gestion scientifique des ressources biologiques naturelles, des espèces et des espaces préservés ;

— l'étude de l'impact des aménagements sur la végétation spontanée et la biosphère et celle des possibilités d'intégration biologique des ouvrages ;

— la formation continue et l'éducation permanente, en matière de connaissance de la végétation et de la biocoenotique, des spécialistes, des professionnels et des responsables décisionnels ;

— l'information scientifique du public et des responsables scolaires et associatifs ;

— toute intervention sur les milieux vivants en vue de leur protection raisonnée...

L'appartenance à l'Amicale ouvre la participation à ses activités et donne droit à un tarif réduit sur les publications qu'elle insite ou édite

L'amicale agit de concert avec l'Association Internationale pour l'Étude de la Végétation (A.I.E.V. ; dont le siège est à Göttingen, R.F A.), dans l'esprit développé par les maîtres de la phytosociologie, J. BRAUN-BLANQUET et R. TUXEN, avec des buts concordants et en complémentarité de leurs activités.

En outre, ont lieu chaque année, en Espagne, sous l'égide de l'Amicale, les «Jornadas de Fitosociologia».

L'Amicale publie :

— les «Documents phytosociologiques» (depuis 1972) (20 fascicules ancienne série (1972 à 1976) ; 10 volumes nouvelle série depuis 1977) ;

— les «Actes des colloques phytosociologiques» (depuis 1971) ;

— la revue «Braun-Blanquetia» (depuis 1984).

LISTE DES COLLOQUES PHYTOSOCIOLOGIQUES

(première date : déroulement du colloque ; deuxième date : publication des actes).

I — La végétation des dunes maritimes
Paris 1971 ; 1975 Vaduz *(épuisé)*

II — La végétation des landes d'Europe occidentale
Lille 1973 ; 1975 Vaduz *(épuisé)*

III — La végétation des forêts caducifoliées acidiphiles
Lille 1974 ; 1975 Vaduz *(épuisé)*

IV — La végétation des vases salées
Lille 1975 ; 1976 Vaduz *(épuisé)*

V — La végétation des prairies inondables
Lille 1976 ; 1978 Vaduz *(épuisé)*

VI — La végétation des pelouses sèches à thérophytes
Lille 1977 ; 1978 Vaduz *(épuisé)*

VII — La végétation des sols tourbeux
Lille 1978 ; 1980 Vaduz

VIII — Les lisières forestières
Lille 1979 ; 1983 Vaduz

IX — La végétation des forêts alluviales
Strabourg 1980 ; 1984 Vaduz

X — Les végétations aquatiques et amphibies
Lille 1981 ; 1983 Vaduz

XI — La végétation des pelouses calcaires
Strasbourg 1983 ; 1984 Vaduz

XII — Les végétations nitrophiles et anthropogènes
Bailleul 1983 ; Berlin/Stuttgart 1985

— Séminaire : Les mégaphorbiales
— Bailleul 1984 ; Berlin/Stuttgart 1985

XIII — Végétation et géomorphologie
Bailleul 1985 ; Berlin/Stuttgart 1986

XIV — Phytosociologie et foresterie
Nancy 1985 (à paraître)

XV — Phytosociologie et Conservation de la Nature
Strasbourg 1987 (à paraître)

Tous renseignements peuvent être obtenus au siège :

Hameau de Haendries
F - 59270 BAILLEUL

Tél. 28 49.00.83

ANNONCES DE RÉUNIONS ET COLLOQUES

6EME COURS EUROPÉEN D'ACAROLOGIE
6EME EUROPEAN COURSE IN ACAROLOGY

5-16 septembre 1988 ENSAM/INRA
MONTPELLIER (FRANCE)

Organisé par la SOCIETE DES ACAROLOGUES
DE LANGUE FRANÇAISE (S.A.L.F.)
et
L'ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE
DE MONTPELLIER - FRANCE (E.N.S.A.M.)

■□■

Séminaire d'acarologie générale et appliquée de haut niveau destiné à un public d'étudiants, de chercheurs, d'enseignants et de praticiens (agronomes, médecins, pharmaciens, vétérinaires, techniciens et ingénieurs).

Cycle de deux semaines de conférences et de travaux pratiques. La première semaine, commune à tous les participants, est consacrée à l'acarologie fondamentale. La deuxième semaine est répartie en ateliers spécialisés :

— Acarologie évolutive,

— Acariens parasites et Tiques d'importance médicale et vétérinaire,

— Acariens des denrées conservées,

— Acariens phytophages et méthodes de lutte,

— Écologie de Acariens du sol.

Des tables rondes spécialisées pourront être organisées

Les conférences et les TP sont faits en français.

Ce cours francophone est réalisé en alternance avec le cours anglophone, organisé les années impaires. Information :

Dr. P.W. MURPHY, University of Nottingham
School of Agriculture, Sutton Bonington
Loughborough, Leics. Le 12 5RD, Grande-Bretagne.

Organisation, Renseignements et inscription, 6 th C.E.A. :

Dr. S. KREITER

ENSAM Écologie Animale et Zoologie Agricole
9, place Viala
34060 MONTPELLIER Cedex (FRANCE)
Tél. : 67.61 23.89
Telex : 490.818 F Télécopie : 67.61.25 80

*
* *

8ÈME RÉUNION INTERNATIONALE DE MICROMORPHOLOGIE DU SOL

San Antonio, Texas 10-15 juillet 1988

PROGRAMME SCIENTIFIQUE

Le programme scientifique est organisé autour de neuf thèmes :

1. Sols de climats arides,
2. Sols argileux et vertisols,
3. Sols hydromorphes,
4. Sols carbonatés, gypseux et salins,
5. Techniques micromorphologiques dans l'enseignement et la recherche,
6. Dégradation et synthèse des minéraux du sol,
7. Applications de la micromorphologie à l'agronomie et aux sciences de la terre (érosion, structure, porosité, effet du labour, activités biologiques),
8. Paléopédologie (paléosols pré-quaternaires, quaternaires et archéologie),
9. pédologie générale (éluviation, illuviation),

Les communications sur d'autres sujets sont aussi les bienvenues.

LANGUES OFFICIELLES

Ce sont celles de l'Association Internationale de Science du Sol, organisatrice de cette réunion : l'anglais, le français, l'allemand. Toutefois les organisateurs demandent des résumés en anglais, avant le 1er février et, prévoyant une majorité de participants anglophones, encouragent les communications orales ou affichées en anglais.

EXCURSIONS

Des sorties sur le terrain de deux à six jours, avant ou après la réunion, sont prévues pour en illustrer les thèmes, dans le Maryland, le Wisconsin, l'Illinois, l'Indiana, le Texas et le Nouveau Mexique, ainsi qu'une excursion d'une journée au milieu du congrès aux environs de San Antonio.

ADRESSE

IWMSM 88 (International Working Meeting on Soil Micromorphology)
Soil & Crop Sciences Department
Texas A & M University
College Station, TX 77843-2474
U S A

RENSEIGNEMENTS EN FRANCE

Colette JEANSON
M.N.H N. Écologie Générale
4, avenue du Petit Château
91800 BRUNOY — Tél. 16.1.60.46.48.51 p. 370

*
* *

LA FORÊT EN SAÔNE-ET-LOIRE, MAINTENANT, DEMAIN ?

Muséum d'Autun, 19 novembre 1988

Pour tout renseignement :

Monsieur Fernand NICOLAS
Président de l'Académie de Mâcon
71000 MÂCON

*
* *

5ÈME SYMPOSIUM EUROPÉEN D'ÉCOLOGIE

Réunion préparatoire
SIENNE, Italie
26 février 1988

COMPTE-RENDU

Participants :

BELLAN F.
C.N.R.S.
Station Marine d'Endoume
Rue Batterie des Lions
13007 MARSEILLE, France

BLANDIN P
Secrétaire Général
Société d'Écologie
C/O Secretariat de la Faune
Muséum National d'Histoire Naturelle
57, rue Cuvier
75231 PARIS Cédex 05, France

BORNKAMM R.
Gesellschaft für Ökologie
Rothenburgstr. 12
1000 BERLIN 41, DDR

EDWARDS P.
Department of Biology
Southampton University
SOUTHAMPTON SO9 5NH, U.K.

EIJSACKERS H
Netherlands Ecological Society
P O. Box 37
6700 AA WAGENINGEN, The Netherlands

ENCKELL P.H
Nordic Society OIKOS/Nordic Council
for Ecology
Ecology Bldg
S-223 62 LUND, Sweden

RAVERA O
Commission of the European Communities, J.R.C.
21020 ISPRA (VARESE), Italy

RENZONI A.
Dipartimento di Biologia
Ambientale
Via della Cerchia 3
53100 SIENA

SANTOS PAIVA M.R
Universidade Nova de Lisboa
F.C.T. D.C.E.A
Quinta de Torre
2825 MONTE DE CAPARICA, Portugal

La réunion du «Steering Group» de la Société Européenne d'Écologie (regroupement informel des Sociétés nationales) a permis de fixer définitivement l'organisation du prochain Symposium Européen.

Il aura lieu à Sienne (Italien), du 25 au 29 septembre 1989. L'organisation en est confiée à la Société Italiana di Ecologia, représentée par les Professeurs RAVERA et RENZONI. Le thème général choisi est le suivant

ANTHROPOGENIC PERTURBATIONS OF ECOLOGICAL SYSTEMS : A NEED FOR TRANSFER FROM PRINCIPLES TO APPLICATIONS

Le Symposium comprendra des exposés des Conférenciés invités, des communications sélectionnées et des communications sur panneaux. Au milieu du Colloque, une excursion permettra de visiter une région italienne illustrant remarquablement le thème général.

La première circulaire sera diffusée en France par la Société d'Écologie avant l'été 1988

ECOLOGY INSTITUTE

Nordbünte 23 and 30, D-2124 Oldendorf/Luhe, Federal Republic of Germany
Director: Otto Kinne

ECOLOGY INSTITUTE PRIZES 1988

in the field of Limnetic Ecology: call for nominations

International and non-profit-making, the Ecology Institute (ECI) has a staff of 35 ecologists – marine, terrestrial and limnetic – all of high international reputation. Neither the director nor any member of the scientific staff receives remuneration.

Every year an ECI Jury selects – in an annualy rotating pattern – prize winners among marine, terrestrial or limnetic ecologists. In 1988, prize winners will be selected in the field of limnetic ecology.

AIMS of ECI.

Recognizing
- the insufficient cooperation and interchange among marine, terrestrial and limnetic ecologists
- the overwhelming flood of analytical research papers and the general lack of support for efforts towards critical syntheses
- the need to provide keys for opening the doors to scientific ecological information so that it becomes accessible also to non-experts and society at large

one of ECI's activities is to honor ecologists distinguished by outstanding scientific achievements who are able and willing to provide a critical synthesis and evaluation of their field of expertise, addressing an audience beyond narrow professional borderlines.

In this way, ECI strives to (1) further the exchange of information between marine, terrestrial and limnetic ecology; (2) compensate for the lack of balance between analyzing and synthesizing research efforts and thus help to provide more feedback and critical overview for ecological science, (3) draw the attention of scientists, administrators, politicians and the general public to important issues resulting from ecological research, (4) assist in finding a long-term compromise between the increasingly destructive potential of modern industrial societies and the need for defining and applying measures to protect nature, commensurate with achieving and sustaining the highest possible living standard for man.

Taking into account these aims, as well as his or her own field of interest, the winner of the Ecology Institute Prize is requested to author a 200 to 300 printed-page book, to be published by ECI in the series 'Excellence in Ecology' and to be made available world-wide at cost price.

While there are several international prizes offered now in ecology, the Ecology Institute Prize is considered unique for 2 reasons: (1) it was established and is financed by research ecologists, (2) the prize gives and takes: it both honors the recipient and requires him/her to serve science which has a greater need now than ever for critical syntheses of the state of the art. The Ecology Institute Prize is endowed with a stipend of US $ 5000.

In addition to the Ecology Institute Prize, ECI may set out a second prize honoring a young ecologist who has conducted and published uniquely independent, original and/or challenging research efforts representing an important scientific breakthrough: the IRPE PRIZE (International Recognition of Professional Excellence).

PREVIOUS PRIZE WINNERS

1986 Marine Ecology:	Tom Fenchel, Helsingør, Denmark	ECI PRIZE
	Colleen Cavanaugh, Cambridge, USA	IRPE PRIZE
1987 Terrestrial Ecology:	Edward O. Wilson, Cambridge, USA	ECI PRIZE

SELECTION PROCEDURE:

Nominations are welcome from all research ecologists. They should reach the Chairperson of the ECI Jury (see below) before August 31, 1988. Eligible are all ecologists engaged in scientific research. The Jury will select the Prize Winner using the nominations received, as well as their own knowledge of top performers, and their own professional judgement.

ECI LIMNETIC ECOLOGY JURY (1988)

Chairman, W. D. Williams (Department of Zoology, The University of Adelaide, G.P.O. Box 498, Adelaide, South Australia 5001); J. I. Furtado, London, United Kingdom; S. D. Gerking, Tempe, USA, J. E. Hobbie, Woods Hole, USA, K. Lillelund, Hamburg, Federal Republic of Germany; R. Margalef, Barcelona, Spain; E. Pattée, Villeurbanne, France

O. Kinne
(Director ECI)

W. D. Williams
(Chairman ECI Jury)

SIRL DU MUSEUM PARIS

Directeur de la Publication : P. BLANDIN
Fabrication : COMPO-SCIENCE - 34270 Les Matelles
Commission Paritaire 50062

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

[illegible]

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

[illegible]
57, rue Cuvier
75231 PARIS CEDEX 05
Tél. [illegible]

C.C.P. [illegible] LA SOURCE

TARIF D'ABONNEMENT POUR 1982

PARTICULIERS :	Cotisation	Abonnement	Total
FRANCE ET C.E.E.	60 F	[illegible]	[illegible]
AUTRES PAYS	60 F	[illegible]	[illegible]
[illegible]	20 F	100 F	[illegible]
COLLECTIVITÉS :	H.T.	T.V.A. 4 %	T.T.C.
FRANCE	[illegible]	15,70 F	[illegible]
Agences et Libraires (remise 15 %)	[illegible]	[illegible]	[illegible]
ÉTRANGER	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Agences et Libraires (remise 15 %)	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible] SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE.

ECOLOGY INSTITUTE

ECOLOGY INSTITUTE PRIZES 1988

PREVIOUS PRIZE WINNERS:

SELECTION PROCEDURE:

BIBL. DU
MUSEUM
PARIS

O. Kinne
(Director ECI)

W. D. Williams
(Chairman ECI Jury)

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Le **Bulletin d'Ecologie** ne publie que les travaux des membres de la Société d'Ecologie ; seuls les manuscrits des auteurs en règle avec le trésorier seront examinés. Tous les articles seront soumis à un comité de lecture.

Les manuscrits, soignés dans le fond et dans la forme, seront fournis en **trois exemplaires** sous leur forme définitive ; ils devront être **entièrement dactylographiés** au recto de feuilles 21 × 29,7 avec double interligne et marge de 5 centimètres. Ils devront être préparés en tenant compte de la présentation générale du **Bulletin d'Ecologie.** Ils devront comprendre, dans l'ordre :

Le titre;

Le nom de l'auteur (ou des auteurs) avec le prénom en entier ;

L'adresse complète ;

Le résumé en français et le summary en anglais, d'une dizaine de ligne chacun au maximum. Les résumés devront indiquer s'il s'agit d'une mise au point ou d'un travail original, et dans ce dernier cas contenir les principaux résultats nouveaux qui seront apportés ;

La traduction en anglais du titre de l'article ;

Les mots-clés : liste succinte de mots significatifs ;

Une proposition de «titre courant» ne dépassant pas une quarantaine de signes ;

Le texte proprement dit avec mise en évidence des sous-titres et paragraphes et la mention dans la marge, au crayon, des passages qui peuvent être composés en petits caractères. Aucune autre indication typographique ne devra être mentionnée à l'exception des noms latins des organismes qui seront soulignés d'un trait et de ceux des auteurs qui seront soulignés de deux traits.

Les tableaux devront être présentés dactylographiés d'une façon correcte afin de pouvoir être clichés directement par l'imprimeur. Ils seront numérotés de 1 à n (en chiffres romains) et munis chacun d'une légende. Les légendes des tableaux seront dactylographiées sur des feuilles distinctes, à la suite.

L'illustration, numérotée de 1 à n devra être conçue en tenant compte du format du **Bulletin d'Ecologie**. Les dessins originaux seront fournis (et non des photocopies). Les illustrations ne devront pas dépasser le format 40 × 30 cm et être envoyées à plat, non enroulées. La réduction souhaitée sera indiquée au crayon. Les photographies seront numérotées et légendées avec les figures. Les légendes de toutes les figures seront dactylographiées à la suite sur des feuilles séparées.

La bibliographie sera présentée conformément au modèle que l'on peut trouver dans le **Bulletin d'Ecologie**. Les titres des revues et les titres des livres ou des thèses seront soulignés d'un trait.

Les auteurs recevront un seul jeu d'épreuves pour correction. Elles devront être retournées à la rédaction dans un délai de huit jours, accompagnées de la demande de tirés-à-part. **Aucune correction d'auteur ne sera acceptée.** Seules les erreurs typographiques devront être corrigées. Toute modification (ou addition) sera facturée à l'auteur. Si les épreuves ne sont pas retournées dans les délais impartis elles seront corrigées par les soins de la rédaction, ou bien la parution de l'article sera retardée.

Les résumés de thèses devront être dactylographiés selon une présentation que les auteurs peuvent connaître en consultant le **Bulletin d'Ecologie**.

Tous les manuscrits qui ne répondront pas aux normes indiquées ci-dessus seront retournés à leurs auteurs.

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

C/O Secrétariat Faune-Flore
57, rue Cuvier
75231 PARIS CEDEX
Tél. 336.54.22

C.C.P. 30 279 62 D LA SOURCE

TARIF D'ABONNEMENT POUR 1988

PARTICULIERS :	Cotisation	Abonnement	Total
FRANCE ET C.E.E.	60 F	220 F	280 F
AUTRES PAYS	60 F	290 F	350 F
Étudiants et Stagiaires étrangers en France	30 F	105 F	135 F
COLLECTIVITÉS :	H.T.	T.V.A. 4 %	T.T.C.
FRANCE	442,30 F	17,70 F	460 F
Agence et Libraires (remise 10 %)	403,85 F	16,15 F	420 F
ÉTRANGER	466,35 F	13,65 F	480 F
Agences et Libraires (remise 10 %)	418,27 F	16,73 F	435 F

IMPORTANT : *Toutes les cotisations doivent être payées directement et de façon impersonnelle à la* ***SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE.***

BIBL. DU MUSEUM PARIS

- 1 JUIL. 1988